ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 JANVIER 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

L'Académie vient d'être cruellement frappée par la mort de son doyen d'élection, **Louis Bouvier**, qui avait été élu le 7 juillet 1902. L'état de sa santé l'empêchait depuis quelques mois d'assister aux séances de l'Académie, où il était auparavant très assidu et intervenait souvent, avec une chaleur que l'âge n'avait pas diminuée. Il est mort dans la nuit du 13 au 14 janvier. Ses obsèques ont eu lieu ce matin à Maisons-Laffitte. M. M. Caullery va lire la Notice qu'il lui a consacrée. Pour moi j'exprimerai seulement ma douloureuse émotion devant la mort de notre cher et vénéré doyen, à qui allaient l'admiration et la sympathie respectueuse de tous.

Notice nécrologique sur Louis-Eugène Bouvier (1856-1944)
par M. **Maurice Caullery.**

Notre sympathique et très aimé Confrère, **Louis-Eugène Bouvier**, né à Saint-Laurent-Grand-Vaux (Jura) le 9 avril 1856, s'est éteint à Maisons-Laffitte le 14 janvier 1944, dans sa 88[e] année. Il appartenait à l'Académie depuis le 7 juillet 1902 et, depuis la mort d'Émile Picard, il était notre doyen d'élection. Sa personnalité et sa longue et laborieuse existence pourraient se résumer dans les termes suivants : simplicité, bienveillance, optimisme, enthousiasme, continuité de l'effort.

Il n'avait dû son élévation qu'à lui-même et l'avait réalisée dans des conditions difficiles. De l'école primaire de son village il était passé à l'École Normale primaire du Jura, où, par la Botanique, il avait été orienté vers les sciences naturelles. Ses qualités se révélaient déjà. Un de ses parents raconte qu'il avait eu l'occasion d'approcher son compatriote Pasteur, qui séjournait à Arbois pendant les vacances, et que Pasteur, après avoir causé avec lui, avait exprimé sur l'avenir « de ce petit homme » des appréciations extrêmement

favorables. Instituteur adjoint à Clairvaux (Jura), à 19 ans, en 1875, puis maître-adjoint à l'École Normale primaire de Versailles en 1878, il avait été ensuite admis comme élève à l'École Normale primaire supérieure de Saint-Cloud dans la première promotion qui y est passée. C'est là qu'il avait été remarqué par Edm. Perrier, qui y enseignait et qui y a puisé une série d'élèves. Par Edm. Perrier, il a pris contact avec le Muséum, d'abord comme boursier d'études (1882), puis comme stagiaire (1887). C'est pendant ces années qu'il a conquis successivement ses grades d'enseignement supérieur, le baccalauréat, puis la licence ès sciences naturelles en 1883, et ès sciences physiques en 1884, l'agrégation des sciences naturelles en 1885 (il y fut reçu le 1[er]) et, en 1887, le doctorat ès sciences naturelles. En outre, en 1889, il était reçu au concours de l'agrégation de l'École de Pharmacie de Paris pour la Zoologie. On mesure par ces dates successives le travail que représente une scolarité aussi remplie, aussi variée et aussi rapide.

Il ne quittera plus le Muséum, et, dès 1895, il y devient professeur dans la Chaire des Animaux articulés, où il succède à Émile Blanchard. Sept ans après, en 1902, il recueille à l'Académie la succession de H. Filhol. En 1901, il avait eu le prix Petit d'Ormoy. Si ses efforts ont été particulièrement méritoires, ils ont été brillamment récompensés et il est arrivé au premier rang avec une remarquable rapidité.

Les travaux de Bouvier. — *Mollusques.* — D'emblée, Bouvier s'est d'ailleurs imposé à l'attention, non seulement par son ardeur à la recherche, mais par la valeur de ses travaux. Je me souviens du temps où, étant moi-même étudiant, la Thèse de Doctorat de Bouvier, *Système nerveux, morphologie générale et classification des Gastéropodes Prosobranches* ([1]) apparaissait comme un travail de grande classe. Il marque toujours une date dans l'histoire morphologique et anatomique de ce groupe. Bouvier y a établi notamment la parfaite généralité de la torsion en 8 de la chaîne nerveuse viscérale (*chiastoneurie*) et montré ainsi comment les Prosobranches se distinguent des Opisthobranches; il rectifiait par là des conclusions d'un zoologiste allemand jouissant d'une grande autorité, H. von Ihering, et ses propres conclusions étaient fondées sur une étude extrêmement étendue. Ce grand travail a été, en outre, pour Bouvier, comme il l'a dit, l'occasion de se rallier pleinement, sur le terrain anatomique, aux conceptions transformistes, à l'égard desquelles il avait eu d'abord quelque méfiance. Les Opisthobranches, où la chiastoneurie n'existe pas, doivent être considérés comme présentant une *orthoneurie* secondaire, résultant d'une détorsion du système nerveux. La réalité de cette interprétation ressortait pleinement, peu après, de l'étude simultanée (1892) d'un type primitif d'Opisthobranches, le genre *Actæon*, par Bouvier et par notre Correspondant belge P. Pelseneer. L'*Actæon* apparaît en effet comme un Opisthobranche

([1]) *Ann. Sci. Nat.* (*Zool.*), 7[e] série, 3, 1887, 510 p., 19 pl.

archaïque, où le système nerveux est encore chiastoneure. Ainsi s'affirmait, à l'encontre des idées de H. von Ihering, la parenté foncière des deux groupes, Opisthobranches et Prosobranches. Bouvier s'est attaché à préciser leur évolution par l'étude anatomique précise d'un grand nombre de leurs formes.

Il n'a pas publié moins de 50 Notes ou Mémoires sur ces animaux. Je retiendrai seulement encore ici de ces recherches celles consacrées (en collaboration avec H. Fischer) aux Pleurotomaires, Prosobranches abyssaux existant déjà à l'époque primaire et qui avaient été récemment retrouvés dans la faune abyssale. Bouvier a pu disposer de deux spécimens; leur anatomie, et celle du système nerveux en particulier, a montré que c'est là un type très archaïque, se rattachant à divers égards aux Chitons (Amphineures). Bouvier s'était ainsi classé au premier rang dans l'étude moderne de l'anatomie comparée des Mollusques.

Cétacés. — Sa Thèse d'agrégation de Pharmacie (1889) l'avait entraîné dans une voie toute différente, vers l'anatomie des Mammifères marins de l'ordre des Cétacés. Il a consacré à ces animaux quelques Notes et un Mémoire important sur les Cétacés souffleurs ([2]), où il a surtout précisé des points relatifs à l'appareil circulatoire (plexus artériels et veineux), en rapport avec l'adaptation de ces animaux à la plongée.

Crustacés. — Ce n'a été là toutefois qu'un épisode. Dès 1888 il s'engageait, à l'occasion de constatations faites sur l'Écrevisse, lors de manipulations qu'il dirigeait pour les candidats à l'agrégation, dans de longues et importantes recherches, extrêmement variées sur les Crustacés, et surtout sur les Décapodes. Elles ont été faites, en partie, avec Alph. Milne-Edwards. Déjà, en 1901, lors de sa Notice sur ses *Titres et Travaux scientifiques*, il y avait consacré 88 Notes ou Mémoires, auxquels pas mal d'autres se sont ajoutés depuis. Ces recherches portent sur la morphologie externe et l'anatomie comparée (surtout sur le système nerveux et l'appareil circulatoire), chez de nombreux types et en rapport avec les conditions de vie de ces animaux, en particulier chez des formes abyssales provenant de diverses expéditions. L'ensemble de ces travaux représente une contribution très importante à l'étude générale moderne du groupe des Crustacés. Ils ont mis notamment en évidence que les Anomoures (Galathées, Pagures, Hippidés etc.) dérivent de Macroures homariens et qu'ils évoluent tous vers des types d'aspect cancérien, qui n'ont toutefois que des analogies superficielles de forme avec les vrais Crabes ou Brachyoures. Particulièrement intéressants sont les faits relatifs au groupe des Pagurides. Bouvier montre qu'ils constituent une double série (Mixtopaguriens, Eupaguriens), aboutissant, de part et d'autre, à des formes cancériennes similaires (*Lithodes*, *Lomis*), mais d'origines indépendantes.

Parmi les travaux plus récents de Bouvier sur les Crustacés, je signalerai

([2]) Un vol. in-4°, 220 p., 1889.

encore ceux relatifs aux formes larvaires des Palinurides (Langoustes, Scyllares), si profondément différentes des adultes. Bouvier a apporté à leur identification des contributions décisives ([3]).

Avec A. Milne-Edwards, il a mené à bien l'étude détaillée d'une série d'importantes collections de Crustacés, récoltés par de grandes expéditions marines : celles du Prince Albert de Monaco (*Hirondelle*, *Princesse Alice*); celles d'Alex. Agassiz dans la mer des Antilles et le golfe du Mexique (*Hassler*, *Blake*); les expéditions françaises du *Travailleur* et du *Talisman*; les campagnes d'Éd. Chevreux à bord de la *Melita* etc.

Enfin, en 1925, après la publication de 25 Notes ou Mémoires partiels et préliminaires, s'espaçant de 1903 à 1919, Bouvier a publié un ouvrage important sur les Crevettes d'eau douce de la famille des Atyidés ([4]), où, à son habitude, il a fait une étude approfondie de tout ce groupe, y compris ses nombreuses formes exotiques (il n'a pas étudié moins de 128 espèces). Il a cru, à la suite d'observations et d'expériences faites à la Réunion par Ed. Bordage et à l'île Maurice par d'Emmerez de Charmoy, reconnaître, dans ce groupe, des variations multiples discontinues et, en quelque sorte, explosives, rappelant des mutations, telles que H. de Vries en avait décrites chez les Œnothères. Il a vu là un exemple net de la discontinuité dans l'évolution des espèces. Cette interprétation reste sujette à caution et les expériences qui lui servent de base devraient être reprises dans des conditions de précision minutieuse.

Pycnogonides. — Un autre groupe d'Arthropodes, plus ou moins voisin des Crustacés, les Pycnogonides, l'a aussi attiré et il lui a consacré un certain nombre de Notes et Mémoires, en particulier sur les espèces de la faune de France. Il est revenu à plusieurs reprises à l'étude de ces animaux.

Onychophores. — Très importantes sont les recherches de Bouvier sur les Onychophores ou Péripates, groupe très spécial et primitif à beaucoup d'égards, qui représente une étape vraisemblablement très archaïque de l'adaptation des Arthropodes à la vie terrestre. En raison de cela, Bouvier s'est passionné pour son étude. Aux maigres matériaux que pouvaient lui fournir les collections du Muséum, il a pu en joindre une masse considérable, provenant de nombreux musées étrangers, en particulier du British Museum de Londres, et même de nombreux spécimens et espèces étudiés à l'état vivant, qu'il se faisait envoyer de contrées lointaines, par une série de correspondants. Ces recherches ont abouti à une grande *Monographie des Onychophores* ([5]),

---

([3]) Voir *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 1643; **157**, 1913, p. 457; **160**, 1915, p. 258.

([4]) *Recherches sur la morphologie, les variations et la distribution géographique des Crevettes d'eau douce de la famille des Atyidés*, Paris, *Encyclopédie entomologique*, **4**, 1925, 370 p., 716 fig.

([5]) *Ann. Sc. Nat.* (*Zool.*), 9e série, **2**, 1905, pp. 1-377; **5**, 1907, pp. 61-318 avec 13 pl. et nombreuses figures.

(anatomie, embryologie, systématique), où sont successivement étudiées 50 espèces du groupe, et qui est maintenant un travail fondamental.

Il y aurait encore à ajouter à ces divers travaux des recherches plus épisodiques sur d'autres groupes d'animaux. La plus grande partie de cette œuvre si dense était déjà achevée ou ébauchée, lorsqu'il entra à l'Académie et même quand il prit possession de sa chaire du Muséum. Celle-ci était avant tout une chaire d'Entomologie, et l'Entomologie est pratiquement un domaine spécial, extrêmement vaste, vers lequel on s'oriente généralement dès la jeunesse. Bouvier n'était pas entomologiste. Ce sont les instances d'A. Milne-Edwards qui l'avaient décidé à poser sa candidature à ce poste et l'influence d'Edwards qui l'y avait fait élire. Mais le cadre de la chaire comprenait en particulier les Crustacés, pour lesquels il était hautement qualifié. Par la suite (1917), avec un très beau désintéressement, il consentit à un dédoublement de la chaire, en une chaire d'Entomologie qu'il garda et une chaire de Vers et Crustacés en faveur de Ch. Gravier. Il y avait beaucoup de générosité à renoncer ainsi, en faveur d'un Collègue, à l'objet de sa propre spécialité. Mais Bouvier s'était déjà donné à l'Entomologie avec sa fougue habituelle et il y a fait aussi œuvre magnifique, par lui-même et par le rôle d'animateur qu'il y a joué avec une extrême fécondité. On peut dire qu'aucun des professeurs récents de Zoologie au Muséum n'a eu une action comparable.

Il ouvrait libéralement et largement les collections du Muséum aux spécialistes qualifiés, non seulement de Paris et de la province, mais aussi de l'étranger, faisant ainsi étudier de façon minutieuse et compétente ces vastes collections. Il stimulait et aidait de nombreux voyageurs et faisait ainsi affluer des collections nouvelles; il s'efforçait, avec beaucoup de succès, d'amener au Muséum, par dons ou legs, des collections d'amateurs remarquables. Lui-même s'est jeté, avec sa fougue coutumière, dans l'étude des Insectes, sur lesquels il a produit pas mal de Notes intéressantes (notamment sur les Hyménoptères des genres *Bembex* et *Philanthus*). Chaque année il prenait comme sujet de son cours un groupe particulier de ces animaux, pour en faire lui-même une étude approfondie. Son enseignement, est-il besoin de le dire, était très substantiel et très vivant. Il a tiré, de ses lectures et de son enseignement, le sujet de plusieurs livres synthétiques ([6]), *La vie psychique des Insectes*, *Habitudes et métamorphoses des Insectes*, *Le Communisme chez les Insectes*. Pour apporter lui-même une contribution étendue à l'Entomologie, il a entrepris, dans une série de Mémoires, la révision complète des Papillons de la famille des Saturniens, mettant en œuvre, à cet effet, la collection du Muséum, celle de divers autres Musées (il est allé à Washington étudier les collections américaines) et des collections particulières. J'ai eu l'occasion moi-même de voir avec quel plaisir il accueillait des matériaux de ce groupe, ayant eu l'occasion de lui en rapporter

([6]) *Bibliothèque de Philosophie scientifique* (Flammarion).

une espèce du Brésil. Bouvier a ainsi été, dans toute la force du terme, un grand animateur dans la chaire d'Entomologie, jusqu'à sa retraite en 1931. Il s'y montrait particulièrement accueillant pour les jeunes débutants. L'un d'eux, devenu par la suite un de ses meilleurs collaborateurs, me disait tout récemment avec quelle cordialité encourageante et efficace Bouvier l'avait reçu et stimulé, quand, jeune étudiant, il était venu s'ouvrir à lui de ses intentions relatives à ses premiers travaux.

En dehors des collections proprement dites d'Entomologie, Bouvier a organisé au Muséum une très belle galerie d'Entomologie appliquée. C'est à son initiative et à ses efforts qu'est due la création et la réalisation, grâce aux fonds de la journée Pasteur, de l'Insectarium, extension si heureuse de la Ménagerie.

Hors du Muséum, c'est aussi lui qui a été l'instigateur de la publication de la *Faune de France*, qui comprend déjà 42 monographies. Il a lui-même fait celle des Pycnogonides, et tout récemment (1940) celle des Crustacés Décapodes marcheurs.

Malgré de pénibles soucis et des deuils cruels, la vieillesse n'avait en rien altéré ses habitudes d'esprit, ni son caractère. Il restait toujours plein de fougue et d'activité intellectuelle, profitant des loisirs de la retraite pour s'adonner à de nouvelles études. Il y a quelques mois, il se passionnait pour l'étude de l'Hérédité et pour celle du grec. Ses forces musculaires faiblissaient, ce qui l'a obligé, depuis le printemps dernier, à ne plus quitter Maisons-Laffitte, où il habitait. C'est là que je l'ai vu pour la dernière fois, il y a quelques semaines. Il était alité, mais toujours en verve et comptait bien revenir encore à nos séances. Il n'en sera malheureusement pas ainsi, mais il a pu, s'il a senti venir sa fin, se rendre le témoignage que, jusqu'au bout, il avait employé sa longue vie de façon noble et féconde, et il laisse certainement parmi nous de vifs et unanimes regrets, ainsi qu'un bel exemple.

M. le **Président** déclare qu'aussitôt après les élections annoncées à l'ordre du jour, la séance sera levée en signe de deuil.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur un mode de reproduction d'états superficiels au moyen de décharges électriques*. Note de MM. **Armand de Gramont** et **Jean Barraud**.

Un procédé, qui a été qualifié *d'électrographie*, consiste à placer sur une plaque sensible une médaille ou une pièce de monnaie et à créer, entre celle-ci et le dos de la plaque, une différence de potentiel de quelques milliers de volts. On obtient alors après développement, avec un temps de pose variant selon le relief et l'émulsion, une image de l'échantillon. Le contour de l'élément donne naissance à une couronne d'aigrettes finement ramifiées.

Nous nous sommes proposé de rechercher si des différences de niveau très faibles pouvaient être ainsi enregistrées, et nous avons fait une série d'expériences avec des surfaces métalliques planes diversement traitées. C'est avec une bobine de Ruhmkorff que nous avons obtenu les clichés les plus nets. La méthode s'est trouvée convenir à l'enregistrement de toutes dénivellations, alors même que celles-ci ne pouvaient être que difficilement photographiées par les procédés ordinaires (*fig.* 1).

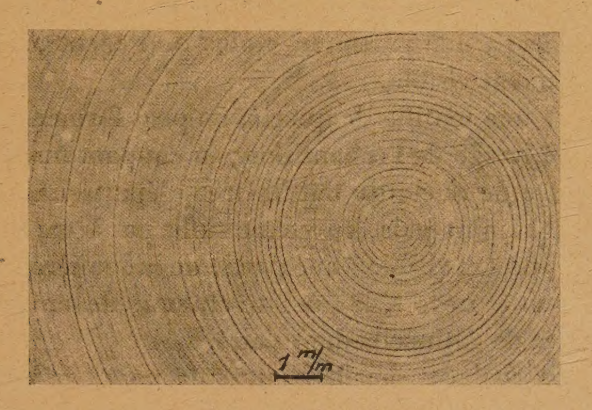


Fig. 1. — Disque plan de laiton nickelé.

Il apparaît en certains points, sur le cliché développé, de petits disques d'argent réduit correspondant sans doute à des étincelles localisées. Celles-ci ne se produisent pas dans les parties situées au contact du métal et de la surface sensible, mais dans les zones où existent des rugosités aiguës légèrement distantes de l'émulsion. Si l'on effectue l'expérience en plaçant le dos de la plaque sensible contre l'échantillon, ce qui a pour effet d'interposer entre celui-ci et l'émulsion un diélectrique transparent, on retrouve des taches circulaires dont le diamètre croît avec l'épaisseur du diélectrique.

Le phénomène n'est pas seulement produit par des surfaces métalliques; tous les corps que nous avons essayés ont donné lieu à des images : ébonite, verre, caoutchouc, étoffes. La pièce ne pouvant alors servir d'électrode, on doit disposer sur l'échantillon une plaque métallique qui assure le potentiel nécessaire.

Puisque les corps non conducteurs donnent lieu à ces mêmes images, il faut s'attendre à ce que les constituants chimiques qui peuvent prendre naissance ou se déposer à la surface de la pièce métallique entrent en jeu. C'est ainsi que les parties corrodées de l'échantillon ou les corps gras qui le recouvrent se dessinent sur le cliché.

Il est possible que les différents constituants d'un minerai puissent par cette méthode être discernés. On pourrait ainsi obtenir des micrographies qui, étant donnée la finesse des épreuves, permettraient d'effectuer des agrandissements considérables.

Pour éclairer le mécanisme du phénomène en question, nous avons exécuté des essais sous vide : il ne se révèle alors aucune impression photographique, même après une durée d'opération de 3 heures. Il semble donc qu'il s'agisse d'un effet dérivant de l'étincelle électrique, puisque celle-ci ne se produit pas dans le vide.

Si la surface possède un relief suffisant, on peut le percevoir à l'œil nu dans l'obscurité en plaçant sur l'échantillon une cuve transparente remplie d'eau dans laquelle plonge une des électrodes; on voit se dessiner le contour et les reliefs de la pièce : une partie au moins de l'agent actif est donc constituée par un rayonnement visible.

Avec une cuve et une lentille de quartz, on peut former à distance, sur une plaque sensible, une image de l'échantillon; en coupant une partie du faisceau par un écran en verre de quelques millimètres d'épaisseur, on constate que la zone ainsi protégée est plus pâle, ce que ne suffit pas à expliquer l'absorption par le verre dans le spectre visible : une partie de la lumière se situe donc dans l'ultraviolet; ceci était à prévoir, la lumière obtenue devant avoir pour composition celle du spectre de l'étincelle dans l'air.

En examinant les surfaces sensibles après la pose, on trouve souvent une image formée sur l'émulsion avant le développement. Cette action est due aux effets de l'étincelle, que ceux-ci soient mécaniques, thermiques ou même chimiques.

Il paraît légitime en tous cas de supposer que l'image est formée par une série d'étincelles trop petites pour être résolues. Ces étincelles se dégagent avec d'autant plus d'intensité que les arêtes sont plus vives.

La méthode peut s'appliquer à toute surface développable si l'on se contente

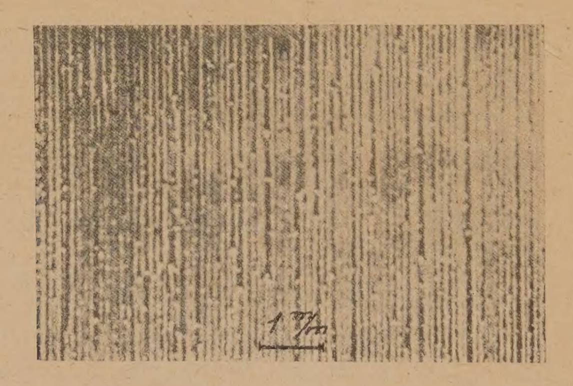


Fig. 2. — Cylindre d'acier tourné. Avance, $0^{mm},1$.

de photographier sur pellicule. La figure 2 est relative à un cylindre tourné, avance $0^{mm},1$.

On ne saurait ainsi obtenir la même finesse que sur des échantillons plans reproduits par des plaques dressées optiquement et recouvertes d'émulsions

d'épaisseur négligeable (procédé de Daguerre) ou constante (émulsion au collodion).

Ces essais ont été effectués au moyen d'une bobine de Ruhmkorff et d'une batterie d'accumulateurs. Il y aura lieu de rechercher si la forme du courant ainsi produit et la disposition des pôles ont quelque effet sur l'ensemble du phénomène.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **André Paillot** est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale en remplacement de M. *François-Xavier Lesbre*, décédé.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste de Chimiste en chef à l'Administration des *Monnaies et Médailles*, pour la première ligne M. *Pierre Fauconnier* réunit l'unanimité des 32 suffrages.

Pour la seconde ligne, M. *Pierre Champ* réunit l'unanimité des 26 suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Pierre Fauconnier**.
En seconde ligne.............. M. **Pierre Champ**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Albert Leulier et Louis Revol. *Les protéines du sérum et la sous-alimentation.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur la géométrie du quadrilatère complet.* Note de M. **Victor Thébault**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Sur les côtés BC, CA, AB d'un triangle $T \equiv ABC$, on marque les points arbitraires A', B', C' et les droites $B'C'$, $C'A'$, $A'B'$ rencontrent BC, CA, AB en A'', B'', C''. Soient (O, O_a, O_b, O_c), (H, H_a, H_b, H_c) et (G, G_a, G_b, G_c) les centres des cercles circonscrits, les orthocentres et les barycentres des triangles T, $T_a \equiv AB'C'$, $T_b \equiv BC'A'$, $T_c \equiv CA'B'$; D, D_a, D_b, D_c les points divisant OH, O_aH_a, O_bH_b, O_cH_c dans un même rapport arbitraire k.

Les cercles (O_a), (O_b), (O_c) circonscrits à T_a, T_b, T_c concourent en un point F et les droites FA', FB', FC' coupent BC, CA, AB sous le même angle θ. Les triangles T, $O_aO_bO_c$ sont directement semblables et leur rapport

de similitude est $2\sin\theta$. Les parallèles à BC, CA, AB menées par D_a, D_b, D_c forment un triangle T_D inversement égal à T comme on s'en rend aisément compte en considérant $D_a \equiv O_a$, $D_b \equiv O_b$, ..., et $D_a \equiv G_a$, $D_b \equiv G_b$, ... Pour deux triangles T_D, $T_{D'}$ correspondant à deux valeurs de k, les droites $A_D A_{D'}$, $B_D B_{D'}$, $C_D C_{D'}$, rencontrent BC, CA, AB en des points fixes sur une droite Δ.

Lorsque $D_a \equiv O_a$, $D_b \equiv O_b$, $D_c \equiv O_c$, le centre de symétrie S_0 du triangle correspondant et de T coïncide avec le symétrique du centre φ du cercle $O_a O_b O_c$, par rapport au barycentre Ω des points O, O_a, O_b, O_c (anticentre du quadrangle $OO_a O_b O_c$), de sorte que S_0 est au milieu de la distance OH′ du centre du cercle ABC et de l'orthocentre H′ de $O_a O_b O_c$. φ' étant le symétrique de φ, par rapport à S_0, en vertu de la similitude des triangles T et $O_a O_b O_c$, le point φ' est sur la médiatrice du segment rectiligne OH et OH, $O\varphi'$ se coupent sous l'angle θ.

Si, dans le triangle T, la droite GH est parallèle à B′C′, la somme algébrique des distances de A, B, C à GH est nulle, et

$$\cos(BC, B'C')\cos(CA, AB) + \cos(CA, B'C')\cos(AB, BC) + \cos(AB, B'C')\cos(BC, CA) = 0.$$

Cette relation étant symétrique par rapport aux quatre directions BC, CA, AB, B′C′, *la droite d'Euler* $G_a H_a$ *du triangle* T_a *est aussi parallèle à* BC.

2. Soient A_1, B_1, C_1 les points de concours des tangentes en (A, B′, C′), (B, C′, A′), (C, A′, B′) aux cercles (ABC, BC′A″, CB′A″), ..., sur les circonférences (O_a), (O_b), (O_c); H'_a, H'_b, H'_c les orthocentres des triangles $A_1 B'C'$, $B_1 C'A'$, $C_1 A'B'$. Ces triangles sont directement semblables à T ainsi que les triangles $H'_a H'_b H'_c$ et $O_a O_b O_c$, dont le centre du cercle circonscrit au premier coïncide avec l'orthocentre du second. La tangente en A au cercle (O) coupe (O_a) en A_1 conjugué isogonal du point à l'infini en direction normale au diamètre Δ_a de (O_a) parallèle à BC; l'orthopôle φ_a de ce diamètre, par rapport à AB′C′, est le centre de l'hyperbole équilatère $AA_1B'C'$, c'est le milieu commun de $A_1 H_a$ et de AH'_a, ou l'anticentre du quadrangle $AA_1B'C'$. Les orthopôles φ_b, φ_c des diamètres Δ_b, Δ_c de (O_b), (O_c) parallèles à CA, AB, pour les triangles T_b, T_c sont les anticentres des quadrangles $BB_1C'A'$, $CC_1A'B'$. Des points M_a, M_b, M_c qui divisent les segments rectilignes $O_a\varphi_a$, $O_b\varphi_b$, $O_c\varphi_c$ dans un même rapport arbitraire l, sont sur un cercle centré au point M partageant φS_0 dans le rapport l. De même, des points N_a, N_b, N_c, qui divisent AH'_a, BH'_b, CH'_c dans un même rapport arbitraire m, sont sur un cercle centré au point N qui partage OH′ dans le rapport m.

Les droites AO_a, BO_b, CO_c rencontrent la circonférence (O) aux sommets d'un triangle $A_2B_2C_2$ qui se réduit au second point d'intersection F′ du cercle (O) et du cercle (φ) lorsque A′, B′, C′ sont collinéaires. Les orthopôles des diamètres Δ_a, Δ_b, Δ_c, par rapport aux triangles antipodaires des centres des cercles inscrits aux triangles T_a, T_b, T_c, coïncident avec les intersections ψ_a, ψ_b, ψ_c de AO, BO, CO avec (O_a), (O_b), (O_c).

3. Lorsque $A' \equiv A''$, le triangle T et la transversale $\Delta' \equiv (A', B', C')$ forment un quadrilatère complet (Q) auquel s'appliquent toutes les remarques précédentes. Ainsi en résultent la propriété fondamentale de collinéarité des orthocentres H, H_a, H_b, H_c des quatre triangles, le théorème de *Hervey* et ce qui suit.

a. Si les côtés de (Q) *sont tels que l'un d'eux est parallèle à la droite d'Euler du triangle des trois autres, cette propriété a encore lieu pour chacun des autres côtés.*

b. Dans un quadrilatère complet (Q), *les points qui partagent dans un même rapport arbitraire l les segments rectilignes joignant les centres des cercles circonscrits aux quatre triangles aux barycentres des quadrangles* ABCF″, $AA_1B'C'$, $BB_1C'A'$, $CC_1A'B'$, *sont sur un même cercle centré au point* ω *partageant* φS_0 *dans le rapport l et passant par le foyer* F *de la parabole inscrite* [1]. *Si* $l = 1$ et $m = 1/2$, $\omega \equiv S_0$ *et* (ω) *est le cercle des orthopôles* [2].

c. Les orthopôles des diamètres des cercles (O), (O_a), (O_b), (O_c) *parallèles à* Δ′, BC, CA, AB, *par rapport aux triangles antipodaires, pour les triangles* T, T_a, T_b, T_c *des centres des cercles inscrits aux triangles* T, T_a, T_b, T_c *coïncident avec les intersections de* (AO_a, BO_b, CO_c) *sur* (O), *de* AO, BO, CO *avec* (O_a), (O_b), (O_c) *et sont concycliques* (cercle de *Miquel*).

d. Les droites $A\varphi_a$, $B\varphi_b$, $C\varphi_c$, $F''\varphi''$ *concourent en* F_1 *sur les cercles* (O) *et* (ω).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une nouvelle correspondance symbolique.*

Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Henri Villat.

La fonction eulérienne $1/\Gamma(t)$, étant entière, remplit les conditions exigées pour posséder une image symbolique, au sens de Carson-Heaviside : mais, à notre connaissance, cette image n'a jamais été indiquée. On peut cependant la trouver de la façon suivante :

Considérons la fonction, introduite et étudiée par M. Colombo (*Bull. Sci. math.*, 2ᵉ série, 67, juillet-août 1943).

$$\nu(t) = \int_0^\infty \frac{t^s\,ds}{\Gamma(s+1)}, \tag{1}$$

qui est l'original de $1/\log p$, et satisfait à l'équation intégrale

$$2\sqrt{\pi t}\,\nu(t) = \int_0^\infty e^{-\frac{x^2}{4t}}\nu(x)\,dx$$

et à la relation symbolique

$$\sqrt{p}\,\nu\left(\frac{1}{p}\right) \subset \frac{\nu(2\sqrt{t})}{2\sqrt{\pi t}}.$$

---

[1] F″ est le point de concours, sur le cercle (O), des tangentes aux cercles (O_a), (O_b), (O_c) en A, B, C; φ″ l'orthopôle du diamètre de (O) parallèle à $\Delta \equiv (A', B', C')$.

[2] V. Thébault, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 98.

Dans l'intégrale qui définit cette fonction, remplaçons t par e^{-p}, en multipliant par p les deux membres de la relation (1)

$$p\nu(e^{-p}) = p\int_0^\infty \frac{(e^{-p})^s\,ds}{\Gamma(s+1)} = p\int_0^\infty \frac{e^{-ps}\,ds}{\Gamma(s+1)},$$

on en déduit, par conséquent,

$$p\nu(e^{-p}) \subset \frac{1}{\Gamma(t+1)}.$$

Si l'on considère également la fonction, aussi étudiée par M. Colombo,

$$\mu(t, x) = \int_0^\infty \frac{t^s s^x\,ds}{\Gamma(s+1)},$$

qui est l'original de

$$\frac{\Gamma(x+1)}{(\log p)^{x+1}},$$

on trouvera de même la correspondance nouvelle

$$p\mu(e^{-p}, x) \subset \frac{t^x}{\Gamma(t+1)}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension de la théorie de la composition de première espèce.* Note de M. **Jean Gilly**, présentée par M. Joseph Pérès.

Il est connu que le produit de composition de première espèce conduit à introduire les parties finies d'intégrales au sens de M. Hadamard, dans le cas de fonctions d'ordre négatif (V. Volterra et J. Pérès, *Leçons sur la composition et les fonctions permutables*, Chap. I et VII; J. Pérès, *Rend. Lincei*, 1er semestre 1917, pp. 45 et 104). Il paraît naturel d'étendre les définitions au cas de fonctions développables en série convergente de la forme

$$(1)\qquad K(x, y) = \sum_0^\infty \frac{(y-x)^{\alpha-N}}{\Gamma(\alpha-N+1)} k_N(x, y) \qquad (0 < \alpha < 1)$$

que l'on peut considérer comme d'ordre infini négatif.

Ceci nous conduit à envisager la partie finie d'une intégrale simple lorsque l'intégrante possède un point singulier essentiel à une des limites d'intégration. Une telle extension est immédiate : étant donnée l'intégrale

$$(2)\qquad \mathcal{J}(b) = \int_a^b (b-x)^\alpha A(x)\,dx,$$

où $A(x)$ a le point singulier essentiel $x = b$, on envisagera une fonction $(b-x)^\alpha B(x)$, où $B(x)$ a le même point singulier essentiel et telle que

$$(3)\qquad \lim_{\varepsilon \to 0} I(b-\varepsilon) + \varepsilon^\alpha B(b-\varepsilon), \qquad \left[\text{avec } I(z) = \int_a^z (b-x)^\alpha A(x)\,dx\right]$$

existe. Cette limite est une partie finie de $\mathcal{J}(b)$. Mais il faut préciser pour avoir

une détermination unique de la partie finie d'intégrale, que l'on se place dans le champ complexe et que la limite précédente doit exister quelle que soit la façon dont ε tend vers o dans le plan complexe. La partie finie doit donc être obtenue pour tout chemin d'intégration dans le plan complexe (compatible toutefois avec les coupures rendues nécessaires par les points de branchement). Il est important de noter que pour des contours d'intégration particuliers, l'intégrale peut exister et avoir des valeurs différentes de la partie finie. Soit par exemple la fonction

$$\operatorname{erf} z = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-u^2} du.$$

L'intégrale $\int_0^\infty e^{-px} \operatorname{erf} \frac{1}{2\sqrt{x}} dx$, a un sens si l'on intègre pour x réel et donne $(1/p)\left(1 - e^{-\sqrt{p}}\right)$, tandis que la partie finie au sens précédent est $(1/p)\operatorname{sh}\sqrt{p}$. Du point de vue du calcul symbolique de Heaviside Carson, l'image de $\operatorname{erf}\left(1/2\sqrt{t}\right)$ serait $1 - e^{-\sqrt{p}}$ ou $\operatorname{sh}\sqrt{p}$ selon le cas envisagé. On vérifie sans difficulté que les principales propriétés des parties finies d'intégrales se conservent sous certaines réserves.

Nous sommes donc amené, dans l'étude du produit de composition de fonctions telles que K [cf. formule (1)], à envisager la théorie de la composition au point de vue de l'étude de transformations de fonctions analytiques de variables complexes, afin d'assurer l'unicité des parties finies d'intégrales qui permettent de définir les produits de composition

$$\overset{\star}{\mathrm{H}}\overset{\star}{\mathrm{L}}(x, y) = \left| \int_x^y \mathrm{H}(x, y, u)\,\mathrm{L}(u, y)\,du, \right.$$

x, y, u étant des variables complexes, le contour d'intégration ne devant pas traverser certaines coupures qui dépendent en général de x et de y et qu'il faut introduire pour obtenir un résultat unique. Soient alors les fonctions

$$\mathrm{M}(x, y) = \sum_0^\infty {}_j\, \mu_j(x, y); \qquad \mathrm{N}(x, y) = \sum_0^\infty {}_j\, \nu_j(x, y); \qquad \mathrm{P}(x, y) = \sum_0^\infty {}_j\, \varpi_j(x, y),$$

avec

$$\mu_j(x, y) = \frac{(y - x)^{\alpha - j - 1}}{\Gamma(\alpha - j)} m_j(x, y); \qquad \nu_j(x, y) = \frac{(y - x)^{\beta - j - 1}}{\Gamma(\beta - j)} n_j(x, y);$$

$$\varpi_j(x, y) = \frac{(y - x)^{\gamma - j - 1}}{\Gamma(\gamma - j)} p_j(x, y),$$

$m_j(x, y)$, $n_j(x, y)$, $p_j(x, y)$ étant supposées holomorphes et les séries M, N, P étant convergentes uniformément dans un domaine $\varepsilon < |y - x| < a$, si petit que soit ε. Dans ces conditions on montre que

$$\overset{\star}{\mathrm{M}}\overset{\star}{\mathrm{N}}(x, y) = \Sigma_{r,s}\, \overset{\star}{\mu}_r \overset{\star}{\nu}_s,$$

la série double $\overset{\star}{\mu}_r \overset{\star}{\nu}_s$ étant uniformément convergente dans le même domaine.

La relation ci-dessus établit l'associativité du produit de composition de fonctions telles que M, N, P, c'est-à-dire

$$(\overset{\star}{\mathrm{M}}\,\overset{\star}{\mathrm{N}})\,\overset{\star}{\mathrm{P}} = \overset{\star}{\mathrm{M}}(\overset{\star}{\mathrm{N}}\,\overset{\star}{\mathrm{P}}) = \Sigma_{r,s,t}\,\overset{\star}{\mu}_r\,\overset{\star}{\nu}_s\,\overset{\star}{\varpi}_t.$$

Il convient de réserver le cas où $\alpha + \beta$ serait entier, pour des raisons connues (cf. *loc. cit.*, Chap. VII).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'écoulement des fluides qui présentent une surface libre à pression constante.* Note de M. **Henri Poncin**, présentée par M. Henri Villat.

Le but poursuivi est de déterminer, sous une charge critique donnée, l'écoulement d'un fluide avec surface libre à pression constante. Nous avons obtenu des renseignements précis sur les caractéristiques de forme des parements amont et aval qui permettent de guider la nappe liquide. On peut ainsi caractériser les limites de courbure au delà desquelles risquent de se produire (à partir de la charge critique donnée) les décollements de la nappe liquide.

L'étude théorique entreprise repose sur l'application d'une méthode générale de prolongement analytique [1].

Le constituant fondamental E_f de l'espace est défini à partir de la surface libre L par une expression analytique du type

$$f = \sum_n h_n \varphi_n(m_n x) \tag{1}$$

satisfaisant aux conditions suivantes : 1° les h_n forment une suite d'éléments numériques non croissants; 2° la série $h = \Sigma(h_n)^2$ est convergente; 3° dans le domaine du point à l'infini et pour toutes valeurs de n, l'élément fonctionnel φ_n se comporte de façon à n'introduire dans la symétrie analytique de base E_f aucune singularité dans la région qui intéresse l'écoulement; 4° les éléments (φ_i) et la fonction f satisfont à des conditions analogues à celle que l'on rencontre dans l'étude de la représentation analytique de Fourier. Ces conditions assurent la validité des formules qui suivent; 5° les coefficients numériques m_n forment une suite en correspondance avec la suite h_n. Ils sont assujettis à la seule condition de rester bornés.

Ceci posé, nous définirons, dans le plan du mouvement, la symétrie analytique $(m)(\mu)$ de base E_f en établissant, grâce aux formules

$$z = u - i\sum_n h_n \varphi_n(m_n u), \tag{2}$$ $$\zeta = u + i\sum_n h_n \varphi_n(m_n u); \tag{3}$$

[1] *Comptes rendus*, **213**, 1941, pp. 341-342; **214**, 1942, p. 816.

deux correspondances ponctuelles $(m, u)(\mu, u)$ entre le plan de l'écoulement d'une part et un plan complexe de référence u d'autre part. Les conditions 4° assurent la biunivocité et la réciprocité de ces correspondances lorsque (u) se trouve dans une bande (D) de largeur finie, qui encadre l'axe réel du plan de référence. Cet axe réel est homologue du constituant fondamental E_f des plans superposés z et ζ, et il résulte de là qu'en tout point fondamental les fonctions z et ζ prennent des valeurs conjuguées. L'hypothèse relative à l'invariance de la pression sur L nous permet d'écrire immédiatement la condition fondamentale (2) entre les points associés de l'espace cartésien et des espaces fonctionnels définis par le potentiel complexe et sa dérivée. Désignons par H_c la charge critique envisagée, par Q le débit maximum de la nappe déversante, par h la dénivellation totale amont, aval. En posant

$$(4)\qquad G = g + \frac{Q_2}{2hH_c^2},$$

nous avons remplacé, suivant la méthode générale [1], la condition fondamentale par la relation différentielle équivalente

$$(5)\qquad dF^2 - G\,dz\,d\zeta = ig(z-\zeta)\,dz\,d\zeta.$$

Cet artifice analytique nous a permis de substituer à la résolution d'un problème de Cauchy, relatif à une équation aux dérivées partielles du second ordre à caractéristiques imaginaires, l'étude d'une équation différentielle du premier ordre dans le plan complexe. Ce second problème est beaucoup plus accessible que le premier, et l'on trouve des méthodes pour le calcul numérique des solutions.

La diversité des transcendantes classiques est suffisante pour permettre de caractériser par la formule (1) toutes les formes d'écoulement. De l'étude que nous avons faite, nous ne retiendrons que la représentation hyperbolique et même nous ne retiendrons ici que la représentation à un terme. Dans ces conditions, nous introduirons dans le plan de référence (u) une représentation paramétrique en coordonnées homogènes du type

$$(6)\qquad U = \sin\eta, \qquad V = sh\,\zeta, \qquad T = ch\,\zeta + \cos\eta.$$

L'interprétation de la relation (5) prolongée analytiquement jusqu'au point m, homologue dans le plan z du point $(U, V, T) = (\zeta, \eta)$, fournit la valeur de l'énergie cinétique différentielle en ce point m à partir des formules

$$(7)\qquad dT = ghr_1r_2\varphi\,d\tau \qquad K = \frac{G}{g},$$

avec

$$(8)\qquad r_1^2 = \frac{[U^2 + (KT - V)^2]^{\frac{1}{2}}}{T},$$

$$(9)\qquad r_2^2 = \frac{T^2 - 4mhUV + 4m^2h^2}{T^2 + 4mhUV + 4m^2h^2}.$$

La pression exercée aux différents points du parement aval (μ) s'en déduit immédiatement. L'absence de dépression sur ce parement (μ) s'exprime en écrivant que le maximum M de la fonction

$$2hr_1r_2 + i(z - \bar{z})$$

sur Γ est inférieur à la constante $2/g[(p_0)/(\rho) + hG]$.

Cette condition, réalisée sur la séparatrice du plan (u) homologue de (μ), exclut toute possibilité de cavitation intérieure à la nappe liquide.

Les formules précédentes permettent le calcul des intégrales par la méthode de Runge par exemple. Elles permettent ainsi de définir nettement les séparatrices dans le plan complexe (u) et leurs homologues dans le plan du mouvement. Elles permettent enfin de calculer les efforts dynamiques supportés par le parement aval lorsque l'écoulement est régulier et de déceler les débits maximums, au delà desquels cet écoulement régulier n'est plus possible.

HYDRAULIQUE. — *Influence des champs électriques sur le raffermissement des jets d'eau à haute pression.* Note [1] de M. **Oleg Yadoff**, présentée par M. Henri Villat.

On sait qu'un jet d'eau lancé dans l'atmosphère sous une très haute pression, a pour résultat, au delà d'une certaine vitesse critique, fonction de la pression, de perdre une certaine partie de sa masse par l'effet de pulvérisation qui se produit dans l'air environnant. Cette pulvérisation suivie de dispersion est due au frottement des molécules liquides en mouvement contre les molécules gazeuses; on peut admettre en première approximation que le phénomène est stationnaire. L'influence du frottement se fait donc sentir sur la veine liquide avec l'accroissement de la vitesse. Bien que la masse d'eau ainsi dispersée soit généralement faible, le rendement du dispositif s'en trouve diminué; pour de très grandes vitesses de telles chutes de rendement sont parfois même très appréciables. Tel est par exemple le cas des turbines hydrauliques dites à *impulsion* fonctionnant sous les hauteurs de chutes d'eau au delà de 700^{m}. On a cherché de remédier à cet état de choses par la juxtaposition d'un jet hydraulique et d'un jet tubulaire aérien, ceci dans le dessein d'égaliser les vitesses relatives des molécules d'eau avec les molécules aériennes qui les entourent, le régime de deux fluides ainsi en mouvement axial devant être laminaire. Quelques tentatives de réalisation pratique ont été faites, notamment en disposant autour de la buse d'une turbine Pelton un injecteur d'impulsion d'air. Un tel dispositif permet d'éliminer le régime pulvérisatoire, mais il est de réalisation pratique onéreuse et excessivement délicate.

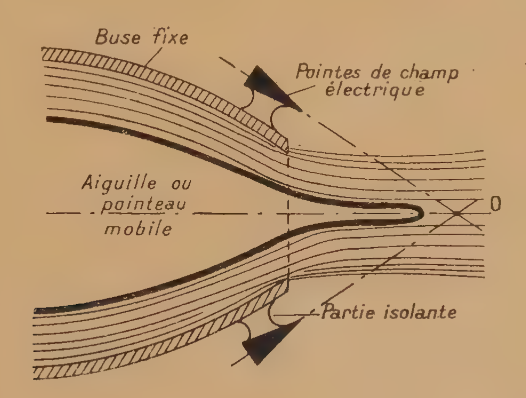
---

(1) Séance du 10 janvier 1944.

Nous donnons ici un procédé beaucoup plus simple : il consiste dans l'utilisation des champs électriques, statiques, continus ou alternatifs.

Déjà Lenard (1892), puis J. J. Thomson (1894) montrèrent qu'un jet d'eau lancé dans l'air atmosphérique s'électrise et que cette électrisation, due au frottement, est toujours positive. Lord Kelvin (1895) montra ensuite que cette électrisation se produit aussi quand un petit jet gazeux, continu ou dispersé en gouttelettes, traverse le liquide.

D'autres savants (en France mentionnons les travaux de M. E.-E. Lefrand) observèrent les phénomènes de l'électrostriction dans les liquides, notamment dans les eaux de rivière; un jet d'eau à régime pulvérisatoire placé dans un champ électrique se raffermit et se maintient, sous l'action de ce champ, suivant la loi du mouvement laminaire. Nous avons constaté que l'obtention d'un bon raffermissement du jet est conditionnée par la nature et l'intensité du champ électrique appliqué. L'action du champ négatif, créé par l'effet de la pointe, est beaucoup plus sensible que celle du champ positif maintenu au moyen d'une électrode plaque. Un dispositif comprenant quatre pointes disposées symétriquement sur la buse d'un injecteur Pelton permet visiblement de transformer le régime quasi pulvérisatoire en régime laminaire régulier. Pour que cette action se fasse bien sentir, il faut que les pointes soient dirigées suivant les axes se coupant en un point situé sur l'axe du jet, là où le régime du jet normal est atteint. La figure ci-dessous donne la représentation schématique du dispositif. Au lieu d'une source électrostatique, on peut appliquer aux pointes une tension à courant continu ou même une tension à courant alternatif; une différence de potentiel de 110 V convient parfaitement bien. On peut même employer la tension à haute fréquence; une source à 5000 p : s se fait encore parfaitement sentir.



Cette question de l'influence des champs électriques sur le raffermissement d'un jet d'eau peut avoir une certaine importance pratique non seulement dans le cas des turbines Pelton à haute pression, mais aussi dans d'autres nombreuses applications industrielles.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la solution rhéoélectrique de questions de représentation conforme et application à la théorie des profils d'ailes.* Note de M. **Lucien Malavard**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Soit à obtenir pratiquement la correspondance, conservant le point à l'infini et telle que $(dz/dZ)_\infty = 1$, entre l'extérieur d'un contour quelconque c du plan z et l'extérieur d'un cercle $C: |Z| = a$. On pourra envisager un potentiel complexe $f = \varphi + i\psi$ défini à l'extérieur de c, donc aussi, par la représentation conforme, à l'extérieur de C. Si l'on peut déterminer, expérimentalement ou par le calcul, les lignes φ et ψ données sur les deux plans z et Z, on atteindra la représentation conforme, puisqu'elle fait correspondre les points z et Z par les mêmes φ et ψ.

Il est naturel d'utiliser l'analogie rhéoélectrique dans le plan z. Le choix du potentiel complexe f est limité par les deux conditions suivantes : 1° f est aisé à calculer en tout point Z; 2° f donne sur c des conditions simples (par exemple φ ou ψ constant) pour que l'interprétation analogique conduise à des modèles simples.

L'idée la plus naturelle est de prendre $f = \log Z$; les réalisations dans le plan z concernent, pour φ, le contour c fonctionnant comme source dans un bassin assez étendu et, pour ψ, une circulation fluide autour de c. Mais, pour le modèle de ce second cas, il faut, ψ étant multiforme, matérialiser dans le bassin une coupure, dont les deux bords portent les électrodes d'alimentation, suivant une ligne ψ particulière qu'il faut connaître (cf. *Public. Sc. Min. Air*, fasc. 57, p. 6). De plus les questions d'échelle : relation entre les échelles en φ et ψ des deux expériences, valeur de a, sont relativement délicates.

On a des réalisations plus pratiques en prenant $f = Z + a^2/Z$ (potentiel complexe de l'écoulement sans circulation autour de C ou c) et les deux essais au bassin électrique se font en l'alimentant par deux bords opposés (perpendiculaires à Ox ou à Oy suivant qu'il s'agit de φ ou de ψ), le contour c étant isolant ou conducteur suivant le cas. Soient V et W les potentiels électriques observés au bassin dans le premier ou le second modèle, avec l'échelle de convention 0-100 d'une électrode à l'autre. Dans le premier modèle on observe que les lignes potentielles aboutissant à c sont telles que $V_\beta \leqq V \leqq V_\alpha$, dans le second que c (conducteur) prend le potentiel W_0. On vérifie que

$$\varphi = \left(V - \frac{V_\alpha + V_\beta}{2}\right)\frac{l}{100}, \qquad \psi = (W - W_0)\frac{l'}{100},$$

l et l' étant les dimensions du bassin (assez grand pour éviter les effets de parois), distances des électrodes dans l'un ou l'autre modèle. La valeur de a, rayon du cercle C, en résulte : aux points $X = \pm a$ de C correspond $\varphi = \pm 2a$, $V = V_\alpha$ ou V_β, d'où $a = (V_\alpha - V_\beta)l/400$. La précision est excellente; dans diverses applications effectuées j'obtiens a à moins de 3/1000 d'erreur relative.

2. Lorsqu'on désire seulement la correspondance entre les points de c et de C, on peut se contenter de l'un ou l'autre des deux modèles définis ci-dessus.

a. Le premier (c isolant) donne les φ au contour d'où les angles au centre θ des points images sur C puisque $\varphi = 2a \cos\theta$, a étant évalué comme on l'a vu.

Le second (c conducteur) peut être utilisé de plusieurs façons.

b_1. On donne à c des orientations différentes dans le bassin, définies par l'angle de rotation θ à partir d'une position initiale; les deux points α et β, où la ligne équipotentielle définie par la valeur W_0 du potentiel de c aboutit sur ce contour, sont les images des points θ et $\theta + \pi$ de C. La détermination de a se fait alors par la méthode déjà donnée (*op. cit.*, n° 1, pp. 29 à 35, et fasc. 153, pp. 122 à 128), valable même si c n'est pas un contour à pointe : on alimente l'électrode auxiliaire c de façon que le point α par exemple reste, quel que soit l'angle de rotation θ, à la même position sur c. Cela revient à réaliser dans le bassin une circulation Γ autour de c, aisée à évaluer comme je l'ai indiqué ailleurs (*op. cit.*) : le graphique de Γ en fonction de $\sin\theta$ est une droite de pente $4\pi a$.

b_2. On peut aussi, sans déplacer le profil, faire varier la circulation Γ. Pour chaque valeur de Γ, les points α et β du contour correspondent aux deux points du cercle C tels que $\sin\theta = \Gamma/4\pi a$; Γ_0 étant la valeur pour laquelle α et β se confondent, on a $a = \Gamma_0/4\pi$. Mais en général le procédé est moins recommandable, l'effet des parois du bassin devenant appréciable pour les valeurs notables de Γ.

3. Dans diverses études pratiques de répartition de pression sur des profils, j'emploie systématiquement les deux modèles rhéoélectriques (profil de 30 à 50^{cm} de corde dans un bassin de 200×150). Avec le profil conducteur on détermine (b_1) l'incidence de portance nulle (point α à la pointe du profil) et le rayon a. Avec le profil isolant *placé à l'incidence de portance nulle*, qui est la plus favorable pour éviter les effets de parois, on détermine (a) la correspondance entre les points des deux contours et l'on retrouve la valeur de a. Les essais sont rapides, les modèles simples et la précision excellente.

La correspondance entre les points de c et de C étant connue on a, par dérivation graphique ou numérique, le module de transformation $\mu = |dZ/dz|$, nécessaire pour passer des vitesses ou pressions connues sur C à celles sur le profil. C'est la partie la plus délicate de la méthode, par ailleurs plus avantageuse, parce que les modèles sont plus simples, que la méthode directe que j'ai donnée ailleurs (*op. cit.*, p. 35). Il est indiqué, pour avoir des variations plus atténuées de μ, de comparer le profil c non pas à un cercle C mais à un profil théorique voisin pour lequel vitesses et pressions soient aisées à calculer, par exemple un profil Joukowsky.

4. Il est intéressant de noter que l'analogie permet de placer avec précision le *centre aérodynamique* du profil quelconque c : ce profil étant sans circulation,

le centre est commun aux asymptotes D et Δ de la ligne potentielle $(V_\alpha + V_\beta)/2$ du premier modèle et W_0 du second; or les valeurs mêmes de $(V_\alpha + V_\beta)/2$ et W_0 définissent les positions de D et Δ dans le bassin.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Utilisation de la fonction caractéristique de Laplace en Mécanique ondulatoire, pour condenser le principe des valeurs propres et le principe de décomposition spectrale en un principe unique de quantification.* Note de M. **Edmond Arnous.**

Nous devons d'abord rappeler quelques définitions : Une loi de probabilité (ensemble des valeurs possibles et des probabilités correspondantes) peut se représenter par la répartition d'une masse unité sur une droite. Cette répartition est parfaitement déterminée par sa fonction caractéristique de Laplace $K(u)$. Si a est une variable aléatoire discontinue pouvant prendre les valeurs $a_1, a_2, \ldots$ avec les probabilités $p_1, p_2, \ldots$,

$$K(u) = \sum_n p_n e^{iua_n}. \tag{1}$$

Si la variable est continue et qu'on puisse définir une densité $f(a)$

$$K(u) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{iua} f(a)\, da. \tag{2}$$

Dans le cas général, si $F(a)$ désigne la fonction des probabilités totales, c'est-à-dire une fonction égale à la probabilité pour que la variable soit inférieure à a

$$K(u) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{iua}\, dF(a). \tag{3}$$

La Mécanique ondulatoire attache à toute grandeur mécanique A une statistique susceptible d'entrer en vigueur à l'occasion d'une mesure de A. Cette statistique est définie par l'ensemble des valeurs possibles de A et des probabilités correspondantes et peut se représenter par la répartition d'une masse unité sur une droite. Nous pouvons déterminer cette répartition par sa fonction caractéristique $K(u)$; ce sera là notre unique principe de quantification :

$$K(u) = \int_D \Psi^* e^{iuA} \Psi\, dq; \tag{4}$$

q représente l'ensemble des variables qui repèrent le système, Ψ est la fonction d'onde, u est un paramètre réel, A est l'opérateur correspondant à la grandeur mécanique étudiée [1]. Au lieu d'écrire $K(u)$ sous la forme précédente, nous

---

[1] J. von Neumann s'est servi, sous une autre forme, de la fonction caractéristique de Laplace dans son livre *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin, 1932, p. 70. En Mécanique de Dirac, il faut faire une sommation sur les indices des Ψ.

pouvons définir ce qu'on entend par fonction propre (φ) et par valeur propre (a), de A ([2]), développer Ψ dans le système des φ, $\Psi = \sum_n c_n \varphi_n$, et écrire (4) sous la forme $\sum_n |c_n|^2 e^{iua_n}$. C'est la même fonction de u, puisque K est invariant. Or, affirmer que $\sum_n |c_n|^2 e^{iua_n}$ est la fonction caractéristique de A, c'est affirmer deux choses :

1° que les valeurs propres a sont les valeurs que A peut prendre;

2° que les probabilités correspondantes sont les $|c_n|^2$. Nous retrouvons, comme théorèmes, les principes des valeurs propres et de décomposition spectrale.

Mais, en caractérisant la statistique de A par une expression qui ne contient que A et Ψ, nous évitons d'introduire le problème des valeurs propres dans l'énoncé des principes. Il est intéressant de se demander alors s'il serait possible d'exprimer les probabilités elles-mêmes en fonction de A et Ψ seuls. Il faudrait résoudre pour cela les équations intégrales (2) et (3), et ceci conduirait aux expressions trop compliquées

$$f(a) = \frac{1}{2\pi} \lim_{U \to \infty} \int_{-U}^{+U} du \int_D \Psi^* e^{iu(A-a)} \Psi \, dq,$$

$$F(a) - F(b) = \frac{1}{2\pi} \lim_{U \to \infty} \int_{-U}^{+U} du \int_D \Psi^* \frac{e^{iu(A-b)} - e^{iu(A-a)}}{iu} \Psi \, dq,$$

qu'on peut écrire d'une façon plus condensée

$$f(a) = \int_D \Psi^* \delta(A-a) \Psi \, dq, \qquad F(a) - F(b) = \int_D \Psi^* [\mathbf{1}(A-b) - \mathbf{1}(A-a)] \Psi \, dq,$$

à condition de définir avec des précautions les opérateurs δ et $\mathbf{1}$, qui coïncident avec la fonction de Dirac et la fonction brusque ([3]) lorsque A est l'un des paramètres q.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur le rendement énergétique d'un circuit oscillant excité par un courant continu périodiquement interrompu.* Note ([1]) de M. JEAN CAYREL.

Principe des mesures. — La self-inductance L du circuit oscillant est parcourue par un courant continu I, fourni par un élément d'accumulateur

---

([2]) Nous supposons, pour simplifier, que A est complet, sans valeurs multiples et à spectre discontinu.

([3]) Par définition $\mathbf{1}(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{iux} - 1}{iu} du = \begin{cases} 0 & \text{si } x < 0 \\ 1 & \text{si } x > 0 \end{cases}$.

([1]) Séance du 6 décembre 1943.

(2 volts) et réglable à l'aide d'une résistance sans self-inductance. Ce courant, mesuré par un milliampèremètre de précision, est interrompu périodiquement, soit à l'aide d'un rupteur à contacts solides, soit à l'aide d'un rupteur à contact cuivre-mercure. Aux bornes de la self-inductance L est branché le condensateur C. Dans le circuit oscillant, LC, sont insérés un thermocouple à fils croisés permettant de mesurer l'intensité efficace du courant de H.F. et une boîte de résistances sans self-inductance permettant d'introduire dans le C. O. une résistance additionnelle connue. De la mesure de I_{eff}, sans puis avec résistance additionnelle, on déduit la valeur R de la résistance du circuit oscillant sur sa fréquence propre.

La capacité C étant au plus égale à 7 mμF, l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur *avant la rupture* est négligeable devant $1/2\ LI^2$. Si l'on suppose le rendement égal à 1, on a

$$\frac{1}{2} N L I^2 = R I_{eff}^2, \qquad (1)$$

N étant fréquence de rupture.

L'expérience consistait à déterminer séparément les puissances $\Pi = (N/2) L I^2$ et $P = R I_{eff}^2$, et à calculer le rendement énergétique $\rho = P/\Pi$.

Les self-inductances utilisées variaient de 0,05 mH à 17 mH.

Le courant I était compris entre 0,05 A et 0,1 A, la fréquence N égale à 100 sec^{-1}. Les puissances mises en jeu variaient de 25 μw à 1500 μw.

Résultat des mesures dans le cas du rupteur cuivre-mercure. — Pourvu que l'intensité I soit inférieure à une valeur critique I_c, voisine de 0,1 A pour le rupteur utilisé, on trouve qu'aux erreurs de mesure près, l'égalité (1) est satisfaite. Le rendement du générateur H.F. est pratiquement égal à 1.

On peut en conclure que la rupture du courant I s'effectue dans un temps très court par rapport à la période propre du C.O., l'amplitude initiale I_0 de l'oscillation de H.F. amortie étant égale à I. Les plus courtes périodes dans nos expériences étaient de 2.10^{-6} sec.

Résultat des mesures dans le cas du rupteur platine-platine. — Le rupteur était constitué par un ticker de la T.M. L'électroaimant du ticker, au lieu d'être alimenté par un courant continu auto-interrompu, était parcouru par un courant alternatif de fréquence 50 sec^{-1}. Il y avait donc *normalement* 100 ruptures à la seconde.

On observe avec ce dispositif trois anomalies :

1° La déviation du galvanomètre associé au thermocouple et mesurant I_{eff} n'est pas parfaitement stable comme dans le cas de l'interrupteur à mercure, mais sujette à de légères fluctuations.

2° Si l'on diminue progressivement la course de la lame vibrante, en serrant la vis de contact, on observe, *pour certains réglages critiques*, que la puissance oscillatoire P, *qui devrait toujours être au plus égale à* π, devient supérieure à Π.

Notamment, lorsque la lame vibrante est presque bloquée, P *peut dépasser* 10 Π. Cette anomalie ne peut s'expliquer que par la production d'un nombre réel de ruptures supérieur au nombre supposé (vibrations harmoniques de la lame).

3° Si l'on prend soin d'éviter l'anomalie du paragraphe 2°, on observe que le rendement $\rho = P/\Pi$, sensiblement égal à 1 pour les bobines de self-inductance supérieure à 0,70 mH, devient de plus en plus mauvais quand L diminue à partir de cette valeur :

L..........	0,65	0,325	0,208	0,0485 mH
ρ..........	0,92	0,80	0,60	0,30

Cette anomalie n'est pas due à la diminution de la période T du C. O., car elle n'a pas lieu si la diminution de T est obtenue par diminution de la capacité C. C'est donc *un effet propre de* L. Il semble qu'on puisse l'expliquer comme suit :

Avec le rupteur à contacts solides, la rupture proprement dite, qui a toujours lieu dans un temps très court par rapport à T, est *précédée d'une phase de contact imparfait*. La résistance croissante du contact imparfait fait décroître le courant I *d'autant plus vite que la self-inductance* L *est plus petite*. Quand survient la rupture, le courant dans la bobine n'est plus I, mais $I' < I$, l'amplitude initiale I_0 des oscillations H. F. est I', et l'énergie mise en jeu à chaque rupture est $LI'^2/2$, en sorte que, dans cette interprétation, le rendement ρ aurait pour valeur $(I'/I)^2$. Pour les fortes self-inductances, I' est très peu différent de I, mais pour les faibles self-inductances, I' est notablement inférieur à I, d'où la diminution du rendement.

Un calcul simplifié montre que cette explication s'accorde avec l'allure de la courbe expérimentale de ρ en fonction de L.

Conclusions. — 1° Un C. O., excité par un courant continu périodiquement interrompu, *peut*, en dehors de son usage bien connu dans les ondemètres, *être utilisé comme générateur H.F. pour des mesures de résistances ou pour des mesures d'amplitudes, à la condition d'employer un rupteur à mercure*.

2° Le fait que le rendement du générateur H. F. est sensiblement égal à 1 prouve que la *rupture du courant a lieu dans un temps très court par rapport à la période propre du C. O.*

3° L'emploi d'un rupteur à contacts solides donne lieu à diverses anomalies qui en proscrivent l'emploi, sauf dans les cas où les fluctuations de l'amplitude des oscillations sont indifférentes (ondemètres).

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur la marche en parallèle de plusieurs cellules photoélectriques au sélénium dites à couche d'arrêt.* Note de M. **Michel Delattre**, présentée par M. Camille Gutton.

M. G. Liandrat ([1]) propose un schéma électrique équivalent à une cellule photoélectrique au sélénium à couche d'arrêt. Il tient compte dans ce schéma des deux couches d'arrêt qui se forment, l'une au contact de l'électrode antérieure, l'autre au contact de l'électrode postérieure.

Nous avons appliqué à une cellule de ce type, dans l'obscurité, une différence de potentiel alternative de fréquence variable et d'amplitude suffisamment faible pour que l'effet redresseur ne se produise pas. En procédant d'abord par la méthode de MM. C. Gutton et G. Laville ([2]) et ensuite par la méthode de M. Grützmacher ([3]), pour un grand nombre de valeurs de la fréquence, nous avons mesuré le module et l'argument de l'impédance présentée par la cellule. Le diagramme obtenu vérifiait le schéma proposé par M. G. Liandrat.

Mais, pour la marche en parallèle de plusieurs cellules, par suite de la complexité des phénomènes qui se produisent sous l'action de la lumière, les choses se présentent différemment et le schéma équivalent ne permet pas de rendre compte du fonctionnement. Pour remédier à cela, nous avons appliqué une méthode devant permettre d'obtenir des résultats suffisamment approchés pour les besoins courants. Nous avons admis que la cellule éclairée fournit dans tous les cas le courant de court-circuit I_0 qui varie linéairement en fonction de l'éclairement, mais que la différence entre le courant I passant réellement dans le circuit extérieur de résistance R et ce courant I_0, constitue un courant fictif de fuite I_f qui varie suivant l'éclairement et suivant la différence de potentiel aux bornes $I = I_0 - I_f$. En faisant débiter la cellule pour un grand nombre de valeurs de la résistance R, nous avons pu tracer un réseau de courbes représentant la variation du courant fictif de fuite en fonction de la tension aux bornes, chaque courbe correspondant à une valeur déterminée de l'éclairement.

Soient deux cellules C_1 et C_2 supportant respectivement un éclairement E_1 et E_2 et débitant en parallèle un courant I sur une résistance R. Par suite de l'hypothèse que nous avons faite, les deux cellules produiront un courant total $I_{01} + I_{02}$ et nous aurons l'égalité

$$I_{01} + I_{02} = I_{f_1} + I_{f_2} + I,$$

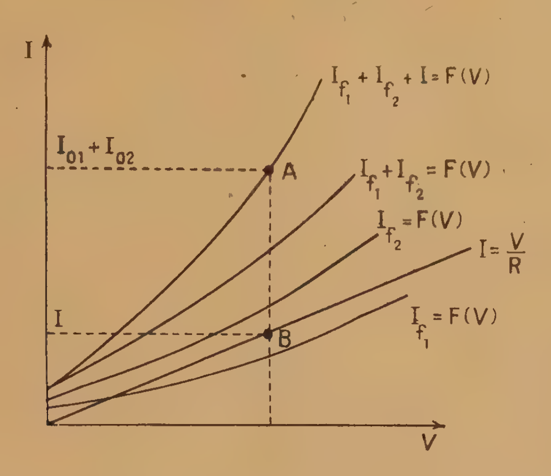
en mettant l'indice 1 aux courants fournis par C_1 et l'indice 2 aux courants

([1]) *Journal de Physique*, Série VII, 6, 1934, p, 179.

([2]) *Annales des P. T. T.*, 14, 1925, III, p. 209.

([3]) *Telegraphen-und Fernsprech-Technik*, 23, 1934, Jahrgang, p. 27.

fournis par C_2. Sur un même graphique (voir la figure), ajoutons les ordonnées des courbes représentant respectivement $I_{f_1} = F(V)$ pour E_1 et



$I_{f_2} = F(V)$ pour E_2 et les ordonnées de la droite $I = V/R$. Nous obtenons une courbe représentant $I_{f_1} + I_{f_2} + I = F(V)$. Le point d'ordonnée $I_{01} + I_{02}$ détermine sur cette courbe la valeur de la tension aux bornes de l'ensemble et par suite le courant I.

Pour des valeurs moyennes de la résistance R, les résultats obtenus expérimentalement et ceux obtenus graphiquement ne diffèrent que de la valeur des erreurs de lecture des appareils de mesure. Pour des valeurs de R très faibles (quelques ohms) ou très fortes (plusieurs milliers d'ohms), les erreurs atteignent 10 %.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Remarques sur les coordonnées symétriques de Fortescue.* Note [1] de M. **François Raymond**, présentée par M. Joseph Bethenod.

Les coordonnées symétriques de Fortescue sont définies en électrotechnique par la matrice

$$(\alpha^{\mu}) = (a^{-(i-1)(\mu-1)}),$$

a étant la première racine $n^{\text{ième}}$ de l'unité.

Nous montrons dans cette Note que cette question se rattache à la théorie des formes complexes.

Soit un réseau polyphasé, c'est-à-dire présentant $n+1$ bornes, en fonctionnement permanent; u^i et x_i étant la tension sinusoïdale entre la borne $i (i = 1, 2 \ldots n)$ et le neutre ($n+1^{\text{ième}}$ borne) et x_i le courant pénétrant

(1) Séance du 4 janvier 1944.

dans le réseau, l'énergie complexe totale est

(1) $$2H = Z^{ij} x_i^* x_j,$$

(2) $$u^i = \frac{\partial H}{\partial x_i^*},$$

x_i^* étant l'imaginaire conjuguée de x_i.

On a en général $Z^{ij} \neq Z^{ji}$.

Le réseau polyphasé est symétrique si chaque ligne ou colonne de la matrice (Z^{ij}) se déduit de sa voisine par une permutation circulaire.

On cherche le changement de variables

(2) $$x_i = \alpha_i^\mu X_\mu,$$

tel que la forme 2H n'ait plus de termes rectangles, mais reste invariante (principe de conservation de l'énergie active et de l'énergie réactive) et tel que les potentiels selon (2) se transforment comme les courants.

On sait que l'expression 2H se ramène à

(4) $$2H = Z^{\mu\mu} X_\mu X_\mu^*,$$

si les α_i^μ satisfont aux n équations

(5) $$\left(\frac{\partial H}{\partial x_i}\right)_{x_j = \alpha_j^\nu} = S\alpha_j^\nu,$$

dont la condition de compatibilité est, comme on sait, *l'équation en* S, qu'on écrit

(6) $$(Z^{ij}) - S(1) = 0$$

ou

(6') $$(Z^{ij} - \delta_i^j S) = 0,$$

(I) étant la matrice unité, δ_i^j l'opérateur de Kronecker

$$\delta_i^j \begin{cases} = 0 \text{ si } i \neq j, \\ = 1 \text{ si } i = j. \end{cases}$$

D'ailleurs la forme reste invariante si $Z^{\mu\mu}$ est égal aux n racines de cette équation.

On voit que, comme (Z^{ij}), chaque ligne ou colonne du déterminant du premier membre de (6') se déduit de ses homologues par des permutations circulaires.

On sait que ce déterminant s'exprime par un produit de n facteurs, dont celui du rang k est

$$A_k = Z^{11} - S + a^{-k} Z^{12} + \ldots + a^{-k(n-1)} Z^{1n};$$

on reconnaît là, si l'on supprime S, l'impédance cyclique d'ordre

$$k \; (k = 0, 1, \ldots, n-1)$$

de l'électrotechnique; donc $S = Z^{kk}$ (on mettra deux indices pour raison d'homogénéité).

La résolution des équations (5) ne soulève pas de difficultés; α_1^ν étant pris arbitrairement, on a

$$\alpha_i^\nu = a^{-(\nu-1)(i-1)} \alpha_1^\nu \qquad (i = 1, 2 \ldots, n). \tag{7}$$

Les tensions u^i se transforment, comme des grandeurs contravariantes, ce qui résulte immédiatement de (2), compte tenu de (3); ainsi

$$u^i = \alpha_\mu^{i*} U^\mu. \tag{8}$$

La deuxième condition imposée au changement de variable est donc traduite par la relation suivante entre la matrice (α_i^μ) et sa conjuguée [transposée de $(\alpha_i^{\mu*})$]

$$(\alpha_i^\mu)(\alpha_i^{\mu*})_k = (1),$$

d'où

$$\alpha_i^\mu \alpha_i^{\nu*} = \delta_\mu^\nu \begin{cases} = 1 \text{ si } \nu \neq \mu, \\ = 0 \text{ si } \nu \neq \mu; \end{cases}$$

remplaçant alors α_i^μ par sa valeur tirée de (7), on a immédiatement

$$n \alpha_1^\nu \alpha_1^{\nu*} = 1,$$

d'où

$$\alpha_1^\nu = \frac{1}{\sqrt{n}} e^{\theta\sqrt{-1}} \qquad (\theta = \text{angle arbitraire}).$$

En définitive le changement de coordonnées envisagé est défini par la matrice de terme général

$$\alpha_i^\mu = \frac{1}{\sqrt{n}} e^{\theta\sqrt{-1}} a^{-(\mu-1)(i-1)};$$

on voit que

$$\alpha_i^\mu = \alpha_\mu^i.$$

Dans les cours d'électrotechnique on pose en général $\theta = 0$ et l'on fait disparaître la symétrie des résultats précédents en supprimant $\frac{1}{\sqrt{n}}$.

L'introduction de cet angle θ traduit le fait que les composantes symétriques, dans le plan de Fresnel, sont indépendantes de l'orientation donnée aux vecteurs représentant les x_i.

Les coordonnées symétriques de l'électrotechnique se rattachent ainsi aux changements de coordonnées de la géométrie unitaire.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur les caractéristiques internes des machines à courants alternatifs et sur un dispositif permettant leur mesure directe.* Note de M. **Jacques Gosselin**, transmise par M. Albert Pérard.

La mesure des caractéristiques internes d'une machine à courants alternatifs consiste à déterminer les trois quantités $\vec{e}$, r et $l\omega$ qui peuvent représenter la

machine du point de vue des lois de Kirchhoff et qui sont liées par une seule équation vectorielle

$$(1) \qquad \vec{e} = \vec{U} + r\vec{I} + jl\omega\vec{I}.$$

Les appareils de mesure industriels traduisent cette équation par une seule relation entre les modules; une méthode de mesure des phases peut donner une autre relation, mais il manque encore une relation vectorielle pour déterminer $\vec{e}$.

Or nous avons démontré que la f. é. m. interne $\vec{e}$ à toute charge ***est égale en grandeur et en phase à la f. é. m. à vide*** de la machine.

Considérons, par exemple, le cas d'un alternateur en charge. La f. é. m. réellement induite $\vec{\varepsilon}$ étant une fonction vectorielle de l'intensité débitée $\vec{I}$ peut s'écrire

$$(2) \qquad \vec{\varepsilon} = \vec{E}_0 - \zeta\vec{I},$$

où ζ est une fonction réelle ou complexe du module de $\vec{I}$ et de son décalage Φ et où $\vec{E}_0$ est une fonction au plus de Φ.

On a alors, quelles que soient les conditions de charge de la machine, en appelant z l'impédance interne correspondant à la force électromotrice $\vec{\varepsilon}$,

$$(3) \qquad \vec{U} = \vec{\varepsilon} - z\vec{I},$$

d'où, en remplaçant ε par sa valeur (2),

$$(4) \qquad \vec{U} = \vec{E}_0 - (\zeta + z)\vec{I}.$$

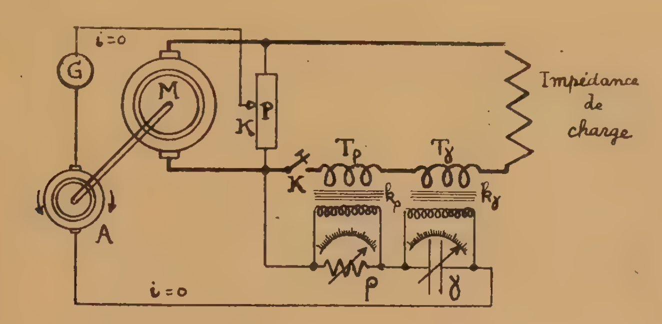
D'après la forme même de cette relation comparée à (1), $\vec{E}_0$ est la force électromotrice interne selon les lois de Kirchhoff.

Or, quand $\vec{I} \to 0$, $\vec{E}_0$ tend vers $\vec{U}$ à vide, c'est-à-dire vers la force électromotrice à vide de l'alternateur. Cette dernière ne dépendant évidemment pas de l'angle de l'impédance extérieure lorsque celle-ci tend vers l'infini, $\vec{E}_0$ ne dépend pas de Φ. C'est donc une constante égale à la f. é. m. à vide de l'alternateur pour l'excitation considérée.

Les quantités à déterminer se réduisent donc à deux, r et $l\omega$. Un ensemble voltmètre-ampèremètre-wattmètre donnera une première relation entre les modules. Pour traduire la relation entre phases, il suffira de mesurer l'angle de déphasage entre la f. é. m. à vide et la tension en charge. Pour cela, nous calons sur l'arbre de l'alternateur à essayer un petit alternateur auxiliaire à stator décalable dont nous mettons la f. é. m. en opposition, d'abord avec la tension à vide et, ensuite, avec la tension en charge. La mesure du décalage géométrique du stator de cet alternateur auxiliaire donne l'angle de déphasage

désiré, et nous en tirons par des formules résultant d'un diagramme classique, les valeurs de r et de $l\omega$.

L'application de ces formules, qui conduit à des calculs assez pénibles dans la pratique industrielle, peut être évitée au moyen de montages de compensation dont le plus facilement réalisable consiste à introduire dans le circuit d'opposition deux tensions en phase et en quadrature, et proportionnelles à l'intensité débitée selon le schéma de la figure. La résistance et l'inductance internes de l'alternateur étudié sont alors lues directement aux coefficients multiplicateurs près des rapports des transformateurs d'intensité et du réducteur de tension P.



Les mêmes raisonnements sont valables dans le cas d'autres sources de courant, par exemple, d'un transformateur vu de son secondaire. Les mêmes méthodes d'opposition sont également applicables dans ce cas, en faisant entraîner l'alternateur auxiliaire par un moteur synchrone.

Mes essais ont donné, en même temps que la preuve expérimentale de la théorie, les ordres de grandeurs des organes des montages, qui sont ceux de la pratique industrielle courante et la précision des mesures, qui est de l'ordre de 1/3000 et de la minute d'arc.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Titrage photocolorimétrique de faibles quantités d'eau oxygénée*. Note [1] de M. **Paul Bonet-Maury**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Des recherches sur la formation d'eau oxygénée dans l'eau irradiée [2] nous ont amené à déceler spécifiquement et mesurer de façon aussi précise que possible de faibles quantités d'H^2O^2. Après examen des différentes méthodes de titrage, nous nous sommes arrêté à une technique photocolorimétrique fondée sur la production, avec les ions titane, de la classique coloration jaune, utilisée pour le dosage de cet élément [3]. Cette coloration est attribuée à la

---

[1] Séance du 10 janvier 1944.

[2] *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 1941, p. 941.

[3] Tredwell et Boll, *Manuel de Chimie analytique*, Paris, 1927.

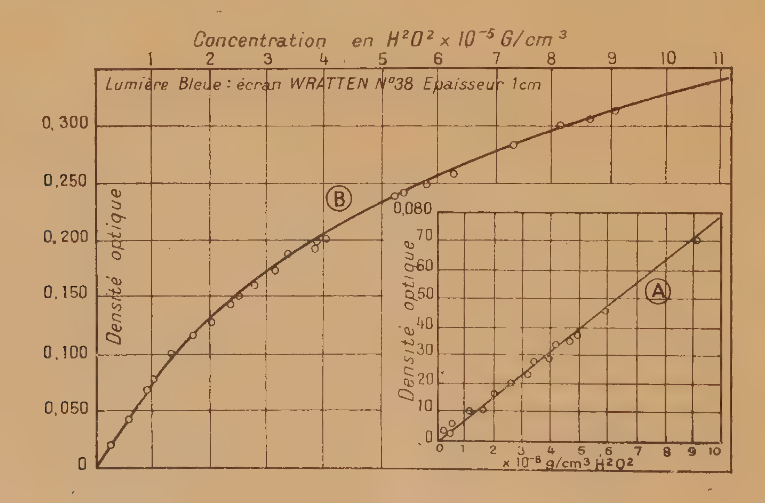
formation d'un persel stable (constante d'équilibre, $k = 1,12.10^{-4}$), renfermant une molécule d'eau oxygénée par atome de titane et répondant à la formation probable (4)

$$[\mathrm{Ti(OH)^6}]^{--} + \mathrm{H^2O^2} \rightleftharpoons \left[\mathrm{Ti}\begin{matrix}\diagup\mathrm{(OH)^5} \\ \diagdown\mathrm{OOH}\end{matrix}\right]^{--} + \mathrm{H^2O}.$$

L'apparition de la coloration jaune est pratiquement instantanée et paraît bien spécifique de la molécule de H^2O^2, car le réactif titanique semble indifférent aux agents oxydants qui ont des réactions communes avec l'eau oxygénée; le passage d'un courant d'oxygène pendant plusieurs heures est sans effet. L'absorption du composé jaune pertitanique s'étend sur une large bande entre 4500 et 3500 Å, c'est-à-dire à cheval sur la fin du visible et le début de l'ultraviolet.

Le réactif titanique est préparé en dissolvant au mortier 10^g de sulfate de titane (5) dans 50^g d'eau distillée additionnée de 20^g de SO^4H^2 pur à 66°B. On laisse déposer pendant 24 heures le faible résidu insoluble, décante la solution claire surnageante et clarifie par centrifugation. En ajoutant 20^g de SO^4H^2 pur, on obtient finalement un réactif limpide renfermant environ 7 % de titane élément et 40 % d'acide sulfurique, en poids.

La solution d'eau oxygénée à titrer est additionnée, par centimètre cube, d'une goutte de réactif titanique; elle contient alors environ $3,5.10^{-3g}$ de



titane par cm³ et 2 % de SO^4H^2. La concentration en acide sulfurique doit être voisine de cette valeur pour deux raisons : la coloration jaune atteint son intensité maximum pour $N \leq 1,5$ et le sulfate titanique commence à s'hydrolyser pour les pH supérieurs à 0,8, en donnant naissance à un fin précipité

(4) M. T. Rumpff, *Thèse de Doctorat ès sciences*, Paris, 1937.

(5) Prolabo; la composition centisémale correspond à peu près à SO^4Ti.

blanc d'hydroxyde de titane interdisant tout titrage colorimétrique précis ([6]). Avec l'acidité choisie ($\sim$ O, 5N), la solution reste parfaitement limpide, la coloration atteint immédiatement son intensité définitive et reste stable pendant plusieurs jours. Elle est suffisamment intense pour permettre de déceler avec notre photocolorimètre ([7]) en lumière bleue (écran Wratten 38) sous 1^{cm} d'épaisseur des quantités d'eau oxygénée de l'ordre de 10 g/cm³. La courbe d'étalonnage ci-dessus a été déterminée par deux observateurs différents, sur des solutions d'eau oxygénée titrées au MnO^4K $n/10$ (vérifié à l'acide oxalique). La courbe A, en accord avec la loi de Beer-Lambert, correspond aux concentrations en eau oxygénée produites par les rayons X, tandis que la courbe B, correspondant à tout le domaine exploré, s'applique aux concentrations plus élevées produites par les rayons α du Po et du radon. La plus petite quantité d'eau oxygénée décelable par cette méthode est de l'ordre de 10^{-7} g/cm³.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de la silice.*
Note de M. **Clément Duval**, présentée par M. Marcel Delépine.

La silice, sous forme de silicate alcalin, donne avec la plus grande facilité, en milieu acide, l'acide silicomolybdique jaune bien connu. Celui-ci est le réactif d'un grand nombre de bases B minérales et organiques avec lesquelles il donne des précipités jaunes plus ou moins insolubles, de formule générale

$$[Si(Mo^2O^7)^6]H^8.(B)^4.4H^2O,$$

dont les poids moléculaires sont considérables vis-à-vis de celui de la silice.

Nous avons retenu, jusqu'ici, les corps B suivants : hexaméthylène-tétramine, antipyrine, urée, pyridine, cobaltiamines. Cette Note contient le résumé des dosages gravimétriques que l'on peut effectuer avec le premier de ces corps.

Liqueur étalon de silice. — Du quartz pur est soumis à la fusion alcaline dans un creuset de nickel; la masse, reprise par l'acide chlorhydrique, donne une liqueur qui est dialysée à trois reprises. La silice résultante est calcinée à 800°; elle ne fournit aucun résidu après attaque dans le creuset de platine par l'acide fluorhydrique. C'est cette silice qui est pesée, attaquée par le mélange soude-carbonate de sodium pour constituer la liqueur étalon. Le titre de celle-ci est d'ailleurs contrôlé par la méthode gravimétrique usuelle après double insolubilisation.

Formation du précipité de silicomolybdate. — La prise d'essai ne doit pas contenir plus de 10^{mg} de silice. Un volume connu, par exemple 5^{cm^3}, est placé

([6]) G. Charlot, *Nouvelles méthodes d'analyse chimique*, Paris, 1942.
([7]) P. Bonet-Maury, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 197.

dans un ballon de 100^{cm^3} en pyrex avec 4^{cm^3} d'une solution de molybdate d'ammonium à 20 %. De l'acide acétique cristallisable est ajouté progressivement jusqu'à ce que le pH de la liqueur s'établisse au voisinage de 3; le contrôle est effectué à l'aide d'une goutte d'indicateur universel. Le ballon est porté pendant 10 minutes au bain-marie de façon que sa température ne dépasse pas 65°. Après refroidissement, on verse 5^{cm^3} d'une solution aqueuse d'hexaméthylène-tétramine à 1000^{g} par litre et maintient le ballon pendant un quart d'heure dans la glacière. Le précipité a pour formule

$$[Si(Mo^2O^7)^6]H^8.(C^6H^{12}N^4)^4.4H^2O = 2492.$$

Il ne grimpe pas après les filtres et n'adhère pas aux parois des vases.

Première méthode gravimétrique. — Le précipité, recueilli sur un filtre sans cendre, est lavé avec 1^{cm^3} de solution précipitante diluée de moitié, avec 1^{cm^3} d'acétone (ou 1^{cm^3} d'acide acétique cristallisable), puis avec 1^{cm^3} d'alcool absolu. La calcination se fait après séchage partiel à l'étuve maintenue à 100°. Pendant l'inflammation du papier, il se dégage une odeur écœurante. Le creuset de porcelaine taré où se fait l'opération doit être maintenu ouvert et sans dépasser la température de 650°, sinon on observe des pertes par sublimation. Le résidu en paillettes, jaunes à chaud, blanches à froid, peu hygroscopiques, répond rigoureusement à la composition $SiO^2 + 12MoO^3 = 1788$. Facteur F pour $SiO^2 = 0,0335$; $\log F = \bar{2},52504$.

L'erreur relative atteint couramment 1/200, sauf si l'on descend à une prise de départ de 1^{mg} de silice, ce qui correspond à peu près à 30^{mg} de précipité, et si l'on opère avec une balance ordinaire sensible au 1/10 de milligramme. La durée de l'opération est 2 heures 20 minutes. On élimine les cations susceptibles de précipiter avec l'hexaméthylène-tétramine. La méthode a été appliquée jusqu'ici au dosage des verres, de silicates (willémite etc.), d'alliages métalliques et de cendres végétales.

Deuxième méthode gravimétrique. — Pour les quantités de silice comprises entre 1/10 de milligramme et 2 milligrammes, la méthode microchimique s'impose et s'avère avantageuse. La technique utilisée n'offre rien de nouveau; les détails opératoires sont consignés dans la monographie de F. Hecht et J. Donau (*Anorganische Mikrogewichts-Analyse*, Vienne, 1940). Le développement de la coloration jaune, la précipitation, l'essorage par décantation, le lavage et la calcination s'effectuent alors dans un creuset de porcelaine muni de la baguette filtrante d'Emich de même substance.

Troisième méthode gravimétrique. — Le précipité jaune de silicomolybdate d'hexaméthylène-tétramine est recueilli sur un creuset de Gooch ou un creuset filtrant de verre de porosité 3 séché préalablement à 100°. On peut aussi former le précipité dans un becher de 10^{cm^3} pesé préalablement avec sa baguette filtrante de verre. Après essorage, lavage avec l'alcool et l'éther, le précipité est séché à 80°; il perd 5,77 % de son poids en un quart d'heure, ce qui corres-

pond exactement à $8H^2O$. Il reste donc l'ensemble

$$SiO^2 + 12MoO^3 + 4C^6H^{12}N^4 = 2348,$$

dont on détermine le poids. Facteur F pour $SiO^2 = 0{,}0255$; $\log F = \bar{2}{,}40654$. Cette méthode est rapide; elle demande moins d'une heure, mais je n'ai jamais pu, avec elle, dépasser la précision de 1/40.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'union labile de l'oxygène au carbone. Influence des substituants en α; cas du méthyle.* Note ([1]) de M. **Charles Dufraisse**, Mlle **Marie-Thérèse Mellier** et M. **Georges Ragu**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les phényles en 1 et 4 n'ayant qu'une influence négligeable sur les mouvements de l'oxygène à l'égard de la structure mésodiphénylanthracénique ([2]), on devait penser qu'il en serait de même *a fortiori* pour des substituants incapables de participer directement à une mésomérie, comme les méthyles. Il a été pourtant observé des particularités qui, contrairement à notre attente, empêchent de considérer le méthyle comme un groupement inerte vis-à-vis de la photooxydation et de son inverse la dissociation. Notre étude concerne les mésodiphénylanthracènes méthylé en 1 ($C^{27}H^{20}$) et diméthylé en 1.4 ($C^{28}H^{22}$).

Ces deux corps se photooxydent rapidement, mais le processus n'est pas simple, car ils se résinifient vite en solution à la lumière; ils se rapprochent en cela des corps méthoxylés, étudiés précédemment. Malgré les précautions, les rendements en photooxyde sont restés médiocres (25 à 50 %). Les dissociations sont irrégulières; elles se font à une température un peu abaissé (170°) et elles ne donnent pas de rendements élevés en oxygène (environ 60 %). De plus, dans le cas du photooxyde diméthylé, contrairement à ce qui a lieu d'ordinaire, le gaz est souillé de produits de combustion (2 à 10 %). Les méthyles brouillent donc la photooxydation et la dissociation.

Une influence singulière des méthyles avait été déjà constatée avec surprise par de Barry-Barnett au cours de ses études sur ce qu'il appelait la *péricoordination*. Cet auteur avait examiné, lui aussi, l'influence du groupe méthyle en α sur la mobilité d'atomes en méso. Mais il s'agissait alors d'hydrogène et éventuellement d'halogène au lieu d'oxygène ([3]), ce qui rend une comparaison difficile entre ses essais et les nôtres; au demeurant les effets observés sont de sens inverse : stabilisation au lieu de sensibilisation. Il n'en reste pas moins

---

([1]) Séance du 27 décembre 1943.

([2]) Ch. Dufraisse et E. Velluz, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 9, 1942. p. 185.

([3]) E. de Barry-Barnett et J. L. Wiltshire, *Ber. d. chem. Ges.*, 62, 1929, p. 3063; E. de Barry-Barnett et N. F. Goodway, *ibid.*, 63, 1930, p. 3048.

que le méthyle s'est montré actif dans l'un et l'autre cas, alors qu'ici et là on s'attendait à de l'inertie de sa part pour la même raison, c'est-à-dire, traduit en langage actuel, pour son incapacité à participer à une mésomérie voisine.

Néanmoins il est à se demander si les deux phénomènes sont indépendants, ou si, en dépit de leurs apparences opposées, ils ne tiendraient pas à une même cause, restant d'ailleurs à déterminer.

Pour s'en tenir au cas des photooxydes, on serait tenté d'attribuer l'influence des méthyles à une cause de nature stérique. Par leur encombrement spatial, les méthyles refouleraient les phényles en méso, ou les obligeraient à se maintenir en position croisée par rapport au plan du noyau anthracénique; ils perturberaient ainsi mécaniquement le système mésomère.

Une telle interprétation ne semble pas être d'un grand poids. D'une part en effet, quand il n'y a pas de substituants, l'hydrogène en α suffit à refouler un peu le mésophényle voisin, par empiètement sur l'espace revenant à son vis-à-vis en *ortho*, puisqu'on a montré que les aryles du triphénylméthyle ne pouvaient pas s'étaler sans chevauchement tous les trois à la fois dans un plan autour de leur carbone central ([4]); la même contrainte géométrique existe aussi, manifestement, pour les trois aryles inscrits autour de chacun des mésocarbones du mésodiphénylanthracène. Il y aurait ainsi déjà chez ce corps une déformation d'origine stérique, sans qu'il en résulte pour lui de perturbation pour la photooxydation. D'autre part, si l'on remplace l'hydrogène en α par un substituant bien plus encombrant, le phényle par exemple, on n'observe pas davantage d'action notable ([2]). L'effet stérique en α ne paraît donc pas avoir de répercussion profonde sur la photooxydation. L'influence marquée du méthyle doit alors avoir une autre origine; sans doute est-elle due à une action inductrice propre sur le système mésomère de l'anthracène.

Il se pourrait aussi, en outre, qu'une part des perturbations observées revienne à une action chimique directe du méthyle sur la fonction peroxydique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés chlorés du tétrahydropyranne.* Note de M. **Raymond Paul**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons déjà décrit, il y a quelques années, plusieurs dérivés bromés du tétrahydropyranne ([1]). Certains de ces dérivés s'étant révélés d'un maniement difficile, nous avons essayé, par la suite, de les remplacer par les dérivés chlorés correspondants. La publication récente d'un travail ([2]) sur le même

---

([4]) Seel, *Naturwiss.*, 31, 1943, p. 504; voir aussi W. Theilacker, *ibid.*, p. 505.

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 1397.

([2]) *I. G. Farbenindustrie*, Br. fr. 886.293, du 11 octobre 1943.

sujet nous conduit à faire connaître maintenant les résultats que nous avions alors obtenus dans cette voie.

En solution dans l'éther anhydre ou, mieux, dans le tétrachlorure de carbone, et à — 10°, le dihydropyranne ([3]) fixe très facilement une molécule de chlore pour donner le *dichloro*-2.3 *tétrahydropyranne*

$$\underbrace{CH^2—CH^2—CH^2—CHCl—CHCl}_{O}.$$

A condition d'utiliser des réactifs absolument anhydres, on isole ce composé, avec un rendement de 88 %, sous forme d'un liquide incolore, peu mobile et bouillant à 89-90° sous 20^{mm} (D_{15}^{17} 1,322; N_D^{17} 1,49582). Ainsi que dans le dérivé bromé correspondant, l'halogène fixé en α par rapport à l'oxygène pontal est extrêmement mobile.

Distillé en effet, sous la pression normale, avec une molécule de diéthylaniline, ce dichlorure perd une molécule d'hydracide en donnant, avec un rendement de 91 %, l'*époxy*-1.5 *chloro*-2 *pentène*-1 ($Éb_{760mm}$ 141°; D_{15}^{16} 1,158; N_D^{16} 1,47573).

Avec le méthylate de sodium, en présence d'un excès de méthanol, et à 0°, il se forme avec un très bon rendement le *méthoxy*-2 *chloro*-3 *tétrahydropyranne*

$$\underbrace{CH^2—CH^2—CH^2—CHCl—CH}_{O}—OCH^3.$$

C'est un liquide d'odeur menthée, bouillant à 78-79° sous 20^{mm} (D_{15}^{22} 1,149; N_D^{22} 1,45562) et jouissant de bonnes propriétés dissolvantes.

Mieux que le dibromure correspondant, le dichloro-2.3 tétrahydropyranne se prête à la synthèse des alcoyl- ou aryl-2 chloro-3 tétrahydropyrannes

$$\underbrace{CH^2—CH^2—CH^2—CHCl—CH}_{O}—R$$

par condensation avec les organomagnésiens. La réaction est vive, mais facile à conduire. Avec le chlorure de N-butyl-magnésium, on a obtenu, sans difficulté, le *butyl*-2 *chloro*-3 *tétrahydropyranne* ($R = C^4H^9$) liquide, doué d'une odeur menthée, très agréable, et bouillant à 116° sous 17^{mm} (D_{15}^{15} 1,024; N_D^{15} 1,46619). Le *phényl*-2 *chloro*-3 *tétrahydropyranne* ($R = C^6H^5$), préparé de la même façon à partir du bromure de phényl-magnésium, avec un rendement de 70 %, forme de fines aiguilles, fusibles à 39°,5-40°,5 et distillant à 153-154° sous 16^{mm}. Dans ces deux derniers composés, ainsi que dans le méthoxy-chloro-tétrahydropyranne, l'halogène est très peu mobile et réagit d'une façon anormale avec les amines.

L'hydrolyse du dichloro-tétrahydropyranne conduit à des produits très différents, selon la manière dont elle est conduite.

([3]) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 1489.

Si le dichlorure est laissé simplement au contact de l'eau, à la température ordinaire, la couche inférieure s'épaissit peu à peu; sans agiter, on renouvelle l'eau jusqu'à ce que celle-ci ne s'acidifie plus; la masse pâteuse qui s'est ainsi formée est abandonnée sur des plaques de porcelaine poreuse; il apparaît peu à peu des cristaux incolores qu'on fait recristalliser dans l'alcool absolu. On obtient alors de belles aiguilles, fusibles à 108°, dont la teneur en chlore correspond à l'éther oxyde formulé ci-dessous

$$\underbrace{CH^2-CH^2-CH^2-CHCl}_{O}-CH^2-O-\underbrace{CH^2-CHCl-CH^2-CH^2-CH^2}_{O}$$

et dont il est facile d'interpréter la formation ([1]).

Au contraire, si l'hydrolyse est faite à chaud ou en présence d'agent alcalin, la plus grande partie du dichlorure passe rapidement en solution, et cette solution présente tous les caractères des aldéhydes. En la traitant en effet par l'hydroxylamine, on peut en extraire, avec un rendement de 67 % (compté sur le dihydropyranne initial), une oxime bouillant à 118-119° sous 17^{mm}. Ses constantes (D_{15}^{21} 1,127; N_D^{21} 1,48014) et sa teneur en azote (N % 12,37) nous font présumer qu'il s'agit de l'oxime du tétrahydrofurfural [formule (III)] qui se serait formé d'après le schéma

$$\underbrace{CH^2-CH^2-CH^2-CHCl-CHCl}_{O} \xrightarrow{H^2O} \underbrace{CH^2-CH^2-CH^2-CHCl-CHOH}_{O}\ (I)$$

$$\rightarrow HOCH^2-CH^2-CH^2-CHCl-CHO\ (II) \xrightarrow{-ClH} \underbrace{CH^2-CH^2-CH^2-CH}_{O}-CHO.\ (III)$$

Nous n'avons pu limiter l'hydrolyse à la formation de l'hydroxy-2 chloro-3 tétrahydropyranne [formule (I)]. Ce dernier composé a pu être obtenu cependant, mais avec un mauvais rendement, par action du dihydropyranne, à 0°, sur une solution faiblement acétique de mono-chloro-urée. C'est un liquide incolore, possédant une odeur fruitée et bouillant à 123-125° sous 19^{mm} (D_{15}^{18} 1,265; N_D^{18} 1,48558). Il est peu stable et, en solution aqueuse, contrairement au dérivé bromé correspondant, semble réagir très facilement sous sa forme aldéhydique [formule (II)].

Par ébullition avec le méthanol à 1 % de gaz chlorhydrique, il se transforme en méthoxy-2 chloro-3 tétrahydropyranne, décrit précédemment.

GÉNÉTIQUE. — Nicotiana *polyploïdes : espèces tétraploïdes et hybrides interspécifiques amphidiploïdes obtenus par l'action de la colchicine.* Note de Mlle **Aline Dusseau**, MM. **Alexandre Fardy** et **Henri Hitier**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Il a été jusqu'ici obtenu à l'Institut des Tabacs de Bergerac 16 espèces tétraploïdes de *Nicotiana*, dont 8 inédites et 7 hybrides interspécifiques amphi-

diploïdes dont 3 originaux. Nous avons, par l'action de la colchicine, rendu tétraploïdes les espèces suivantes :

I. *Nicotiana Tabacum* L ($n = 24$), variétés industrielles Cajarc, P_{11}, Kentucky et Cabot et hybrides intervariétaux Cajarc × Cabot, Kentucky × Njkerk et Cajarc × P_{11}. La tétraploïdie chez *N. Tabacum* a été déjà provoquée par Kostoff (1938), Noguti, Okuma et Oka (1939) et H. Smith (1939) également par action de la colchicine; II. *N. rustica* L. ($n = 24$) variétés *undulata*, *brasilia*, *Makhorka* et Zlag, ces deux dernières étant des variétés industrielles utilisées généralement pour l'extraction de la nicotine. *N. rustica* a été déjà signalée tétraploïde par Kostoff (1938) et H. Smith (1939) (colchicine). III. *N. acuminata* Grah. ($n = 12$); IV. *N. Bigelovii* Wats. ($n = 24$) non encore signalées comme tétraploïdes; V. *N. glauca* Grah ($n = 12$), signalée par Kostoff (1938) et Smith (1939) (colchicine); VI. *N. glutinosa* L. ($n = 12$), non encore signalée tétraploïde; VII. *N. longiflora* Cav. ($n = 10$) signalée par Kostoff (1938) (acénaphtène); VIII. *N. plombaginifolia* Viv. ($n = 10$) espèce très voisine de la précédente; IX. *N. paniculata* L. ($n = 12$); X. *N. nudicaulis* Wats. ($n = 24$); XI. *N. quadrivalvis* Pursh. ($n = 24$); XII. *N. repanda* Lehm ($n = 24$); XIII. *N. sylvestris* Speg. et Comes ($n = 12$), non encore signalées tétraploïdes; XIV. *N. trigonophylla* Dun. ($n = 12$) signalée par Kostoff (1940) (colchicine); XV. *N. suaveolens* Lehm ($n = 16$) signalée par Kostoff (1938) (colchicine); XVI, *N. Sanderæ* Hort. ($n = 9$) signalée par Kostoff (1938) et Warmke et Blakeslee (1939) (colchicine).

Nous avons noté chez tous les tétraploïdes une sérieuse diminution de la fertilité par rapport à celle des pieds témoins; et chez certaines espèces (*N. glutinosa*, *suaveolens*, *acuminata*, *paniculata* et *glauca*) des modifications d'ordre physiologique qui se traduisent par la variation de l'époque de la floraison et de la nouaison des capsules. Il semble que la tétraploïdie augmente les exigences photopériodiques.

D'autre part, si nous avons déjà signalé avoir obtenu et étudié trois hybrides amphidiploïdes de *Nicotiana* : *Nicotiana rustica* L. × *N. paniculata* L., *N. Tabacum* L. × *N. sylvestris* Speg. et Comes et *N. suaveolens* Lemh × *N. glutinosa* L. (original), quatre nouvelles formes amphidiploïdes ont été obtenues cette année à partir d'hybrides interspécifiques totalement stériles : *Nicotiana glutinosa* L. × *N. sylvestris*, *N. Tabacum* L. × *N. glutinosa* L., *N. suaveolens* Lehm × *N. quadrivalvis* Pursh et *N. quadrivalvis* Pursh × *N. Tabacum* L.

L'amphidiploïde *N. glutinosa* × *N. sylvestris* a été obtenu déjà par Greenleaf (1937) sous l'action de l'hétéro-auxine, puis par Warmke et Blakeslee (1939) sous l'action de la colchicine, ces auteurs n'ayant fait que le signaler. Ses feuilles sont arrondies à sommet courtement pointu, ce qui fait ressortir la dominance de *glutinosa;* ses fleurs sont grandes à pigmentation rose orangé intense. La méiose se déroule très régulièrement : en M_I il se forme une plaque avec 24_{II}, soit 12_{II} d'origine *glutinosa* + 12_{II} d'origine *sylvestris;* dans de rares

cas (1 à 2 %), on trouve $22_{II} + 1_{III} + 1_{I}$; les M_{II} sont du type $24 + 24$, exceptionnellement $25 + 23$; la proportion de bon pollen est très élevée, 80-90 %. Hautement fertile, cet hybride donne des capsules contenant 700 à 900 graines bien conformées, celles des parents *glutinosa* ($2n$) et *sylvestris* ($2n$) en contenant respectivement 1000-1200 et 2000-2500.

L'amphidiploïde de *N. Tabacum* × *N. glutinosa* s'est formé spontanément et a été trouvé par Goodspeed et Clausen (1928), qui l'ont décrit sous le nom d'une nouvelle espèce *N. digluta* (*glutinosa* × *tabacum*); puis il a été obtenu expérimentalement sous l'action de la colchicine par Blakeslee, Avery, Bergner, etc. (1938) et Warmke et Blakeslee (1939). Il forme 90 % de bon pollen et des capsules contenant un nombre variable de bonnes graines : 200 à 700.

De l'hybride *N. suaveolens* × *N. quadrivalvis* traité à la colchicine dans les mêmes conditions que les autres, un seul pied a réagi, présentant à la fois des branches normales stériles et des branches amphidiploïdes fertiles. Celles-ci forment 90 à 95 % de bon pollen et donnent des capsules ovoïdes légèrement aplaties contenant 60 à 80 bonnes graines dont la taille est variable. Cet hybride amphidiploïde n'a pas à notre connaissance été signalé par d'autres auteurs, cependant les espèces voisines *N. multivalvis* ($n = 24$) et *N. Bigelovii* ($n = 24$) ont donné respectivement à Kostoff (1937) l'amphidiploïde *multivalvis* × *suaveolens* sous l'action de hautes températures, et à Goodspeed (1934) l'amphidiploïde *suaveolens* × *Bigelovii* décrit sous le nom de *N. disualovii*.

Notre croisement *N. quadrivalvis* Pursh × *N. Tabacum* L. var. *purpurea* n'a pas encore, à notre connaissance, été signalé. L'amphidiploïdie a été provoquée chez quatre pieds. De floraison très tardive, ces pieds ont dû être mis en pots afin de permettre la maturation des capsules formées en fin de saison; les fleurs forment 90 à 95 % de bon pollen.

En résumé, l'amphidiploïdie, tout en maintenant l'ensemble des caractères phénotypiques de l'hybride stérile, rend cependant celui-ci moins florifère et accentue certains caractères végétatifs (texture, pubescence, couleur des feuilles) et floraux (taille, pigmentation des diverses parties florales). Au point de vue caryologique, elle permet l'accouplement autosyndétique des chromosomes des génômes parentaux et détermine un comportement méiotique régulier et stable, résultat d'autant plus marqué que : 1° le nombre de chromosomes des parents est plus faible; 2° les génômes parentaux sont plus dissemblables entre eux.

BACTÉRIOLOGIE. — *Recherches sur la substance toxique soluble de* Clostridium sporogenes. Note de MM. **André-Romain Prévot** et **Marcel Raynaud**, présentée par M. Louis Martin.

Dès la découverte de *Clostridium sporogenes* par Metchnikoff en 1908, la substance soluble toxique élaborée par cet anaérobie a fait l'objet de recherches

contradictoires. A. Berthelot (1909) (1) a réussi à la précipiter des filtrats de culture par 10 volumes d'alcool et l'a également retrouvée dans le résidu d'évaporation des filtrats à 100°; il pense que la portion soluble dans l'alcool est une ptomaïne. Au contraire, Barger et Dale (1915) (2), constatant qu'elle résiste à une courte ébullition, mais est détruite par une ébullition prolongée, pensent qu'il s'agit de sels ammoniacaux toxiques. Enfin Weinberg et Séguin (1916 et 1917) (3) pensent qu'il s'agit d'une toxine, et ont ainsi préparé sur cheval un sérum antitoxique.

Le problème n'est pas facile à résoudre pour la raison suivante : le pouvoir pathogène de *Cl. sporogenes* est inconstant et les souches pathogènes à l'origine perdent rapidement leur propriété d'élaborer la substance toxique soluble en question. Ainsi, en 1925, Weinberg et Prévot (4) ont isolé d'un cas d'appendicite gangréneuse aiguë une souche très pathogène pour le Cobaye qui produisait en abondance la substance toxique. L'étude de cette substance avait été entreprise par l'un de nous et avait déjà fourni des indications précieuses (thermo-stabilité, absence de pouvoir antigénique, absence de neutralisation par le sérum anti-*sporogenes*, impossibilité de précipitation par le sulfate d'ammonium) quand la perte complète du pouvoir pathogène survint et empêcha de poursuivre ces recherches.

Depuis cette époque 12 autres souches de *Cl. sporogenes* furent isolées dans notre laboratoire dont aucune n'était suffisamment pathogène pour reprendre ces études. Cependant il y a quelques mois, notre collaboratrice M. Gerster a pu isoler une souche toxigène d'un cas de gangrène du gros orteil, grâce à laquelle nous avons pu constater les faits suivants :

1° La substance toxique soluble n'apparaît pas en bouillon VF glucosé à 2 ‰, ou tout au moins n'est pas décelable. Au contraire, elle apparaît régulièrement en bouillon VF non glucosé, ou mieux en bouillon VF additionné de petits fragments de cervelle et en bouillon VF + bouillon de placenta (5);

2° La dose minima mortelle moyenne du filtrat de culture toxique est pour la Souris blanche par voie intraveineuse de $0^{cm^3},035$ par gramme de poids du corps, soit $0^{cm^3},7$ pour la souris de 20^g;

3° Cette substance est relativement stable à température ordinaire et très stable à la glacière; elle est thermostable (résiste 10 minutes au bain-marie à 100°);

4° Elle traverse les membranes de cellophane qui ne laissent pas passer la sérumalbumine;

---

(1) *Ann. Inst. Pasteur*, 23, 1909, p. 85.

(2) *Brit. Med. Journ.*, 1915, p. 808.

(3) *C. R. Soc. Biol.*, 79, 1916, p. 1136; *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 199.

(4) *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 106.

(5) Prévot, Taffanel et Raynaud, *Ass. Microbiol. Langue Franç.*, séance du 1er juillet 1943.

3° Elle n'est pas précipitée par $SO^4(NH^4)^2$ à saturation;

6° Elle n'est pas neutralisée par le sérum anti-*sporogenes* anti-protéolytique, même à forte dose, ni par le sérum agglutinant cette espèce, qui ne la précipite pas.

La substance toxique soluble de *Cl. sporogenes* ne présente donc aucun des caractères des toxines bactériennes. N'étant pas une toxine, sa nature chimique va faire l'objet de recherches ultérieures.

La séance est levée à 16h.

L. B.

ERRATA.

—

(Séance du 27 décembre 1943.)

Note de M. *Paul Pascal*, Sur les anomalies magnétiques des dérivés halogénés organiques :

Page 658, ligne 22, les indications (*calculé*) et (*moyenne*) s'appliquent au seul nombre de la colonne placé immédiatement au-dessous.

Page 659, ligne 12, *au lieu de* valences, *lire* valeurs.

Note de M. *Daniel Reulos* et Mlle *Suzanne Le Tellier*, Obtention des thréo- et érythro-diphényl-1.2 chloro-2 éthanol par estérification chlorhydrique indirecte de l'hydrobenzoïne et de l'isohydrobenzoïne :

Page 698, ligne 3 à partir du bas, *au lieu de* F171°, *lire* F131°.